COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME CENT-CINQUANTE-SIXIÈME.

JANVIER — JUIN 1913.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1913

ÉTAT DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

AU 1er JANVIER 1913.

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

Section Ire. — *Géométrie.*

Messieurs :

Jordan (Marie-Ennemond-Camille) (O. ✻).
Picard (Charles-Émile) (O. ✻).
Appell (Paul-Émile) (C. ✻).
Painlevé (Paul) ✻.
Humbert (Marie-Georges) ✻.
Hadamard (Jacques-Salomon) ✻.

Section II. — *Mécanique.*

Boussinesq (Valentin-Joseph) (O. ✻).
Deprez (Marcel) (O. ✻).
Léauté (Henry) (O. ✻).
Sebert (Hippolyte) (C. ✻).
Vieille (Paul-Marie-Eugène) (O. ✻).
Lecornu (Léon-François-Alfred) (O. ✻).

Section III. — *Astronomie.*

Wolf (Charles-Joseph-Étienne) (O. ✻).
Deslandres (Henri-Alexandre) ✻.
Bigourdan (Guillaume) ✻.
Baillaud (Édouard-Benjamin) (O. ✻).
Hamy (Maurice-Théodore-Adolphe) ✻.
Puiseux (Pierre-Henri) ✻.

Section IV. — *Géographie et Navigation.*

Grandidier (Alfred) (O. ✻).
Bassot (Jean-Léon-Antoine) (C. ✻).
Guyou (Émile) (C. ✻).
Hatt (Philippe-Eugène) (O. ✻).
Bertin (Louis-Émile) (C. ✻).
Lallemand (Jean-Pierre, *dit* Charles) (O. ✻).

Section V. — *Physique générale.*

Messieurs :

LIPPMANN (Gabriel) (C. ✻).
VIOLLE (Louis-Jules-Gabriel) (O. ✻).
AMAGAT (Émile-Hilaire) (O. ✻).
BOUTY (Edmond-Marie-Léopold) (O. ✻).
VILLARD (Paul) ✻.
BRANLY (Édouard-Eugène-Désiré) ✻.

SCIENCES PHYSIQUES.

Section VI. — *Chimie.*

GAUTIER (Émile-Justin-Armand) (C. ✻).
LEMOINE (Georges) (O. ✻).
HALLER (Albin) (O. ✻).
LE CHATELIER (Henry-Louis) (O. ✻).
JUNGFLEISCH (Émile-Clément) (O. ✻).
MOUREU (Charles-Léon-François) ✻.

Section VII. — *Minéralogie.*

LACROIX (François-Antoine-Alfred) ✻.
BARROIS (Charles-Eugène) (O. ✻).
DOUVILLÉ (Joseph-Henri-Ferdinand) (O. ✻).
WALLERANT (Frédéric) ✻.
TERMIER (Pierre-Marie) (O. ✻).
LAUNAY (Louis-Alphonse-Auguste DE) ✻.

Section VIII. — *Botanique.*

GUIGNARD (Jean-Louis-Léon) (O. ✻).
BONNIER (Gaston-Eugène-Marie) ✻.
PRILLIEUX (Édouard-Ernest) (O. ✻).
ZEILLER (Charles-René) (O. ✻).
MANGIN (Louis-Alexandre) (O. ✻).
COSTANTIN (Julien-Noël) ✻.

SECTION IX. — *Économie rurale.*

Messieurs :

SCHLŒSING (Jean-Jacques-Théophile) (C. ✻).
CHAUVEAU (Jean-Baptiste-Auguste) (G. O. ✻).
MÜNTZ (Charles-Achille) (O. ✻).
ROUX (Pierre-Paul-Émile) (C. ✻).
SCHLŒSING (Alphonse-Théophile) ✻.
MAQUENNE (Léon-Gervais-Marie) ✻.

SECTION X. — *Anatomie et Zoologie.*

RANVIER (Louis-Antoine) (O. ✻).
PERRIER (Jean-Octave-Edmond) (C. ✻).
DELAGE (Marie-Yves) (O. ✻).
BOUVIER (Louis-Eugène) ✻.
HENNEGUY (Louis-Félix) (O. ✻).
MARCHAL (Paul-Alfred).

SECTION XI. — *Médecine et Chirurgie.*

BOUCHARD (Charles-Jacques) (G. O. ✻).
GUYON (Jean-Casimir-Félix) (C. ✻).
ARSONVAL (Arsène D') (C. ✻).
LAVERAN (Charles-Louis-Alphonse) (C. ✻).
DASTRE (Albert-Jules-Frank) (O. ✻).
LUCAS-CHAMPIONNIÈRE (Just-Marie-Marcellin) (C. ✻).

SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

DARBOUX (Jean-Gaston) (G. O. ✻), pour les Sciences mathématiques.
VAN TIEGHEM (Philippe-Édouard-Léon) (C. ✻), pour les Sciences physiques.

ACADÉMICIENS LIBRES.

Messieurs :

FREYCINET (Charles-Louis DE SAULSES DE) (O. ❋).
HATON DE LA GOUPILLIÈRE (Julien-Napoléon) (G. O. ❋).
CAILLETET (Louis-Paul) (O. ❋).
CARNOT (Marie-Adolphe) (C. ❋).
PICARD (Alfred-Maurice) (G. C. ❋).
LABBÉ (Léon) (C. ❋).
BONAPARTE (Le prince Roland).
CARPENTIER (Jules-Adrien) (C. ❋).
TEISSERENC DE BORT (Philippe-Léon) ❋.
TISSERAND (Louis-Eugène) (G. O. ❋).

ASSOCIÉS ÉTRANGERS (1).

SUESS (Édouard), à Vienne.
MONACO (S. A. S. Albert Ier, Prince souverain DE) (G. C. ❋).
RAYLEIGH (Lord), à Witham (Angleterre) (O. ❋).
BAEYER (Adolf VON), à Munich.
VAN DER WAALS (Joannes-Diderik), à Amsterdam.
DEDEKIND (Julius-Wilhelm-Richard), à Brunswick.
HITTORF (Wilhelm), à Munster.
RAMSAY (Sir William) (O. ❋), à Londres.
LANKESTER (Edwin-Ray), à Londres.
LORENTZ (Hendrik-Ontoon), à Leyde.
METCHNIKOFF (Élie) (O. ❋), de Kharkoff (Russie), en résidence à Paris.
SCHWENDENER (Simon), à Berlin.

---

(1) Un décret, en date du 1er décembre 1909, a porté le nombre des Associés étrangers de 8 à 12.

CORRESPONDANTS.

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

SECTION Ire. — *Géométrie* (10).

Messieurs :

SCHWARZ (Hermann-Amandus), à Grünewald, près Berlin.
KLEIN (Félix), à Gœttingue.
ZEUTHEN (Hieronymus-Georg), à Copenhague.
MITTAG-LEFFLER (Magnus-Gustaf) (O. ✻), à Stockholm.
NŒTHER (Max), à Erlangen.
VOLTERRA (Vito), à Rome.
GUICHARD (Claude), à Clermont-Ferrand.
HILBERT (David), à Gœttingue.
COSSERAT (Eugène-Maurice-Pierre), à Toulouse.
N. . . . .

SECTION II. — *Mécanique* (10).

CONSIDÈRE (Armand-Gabriel) (O. ✻), à Quimper.
VALLIER (Frédéric-Marie-Emmanuel) (O. ✻), à Versailles.
DWELSHAUVERS-DERY (Victor-Auguste-Ernest) ✻, à Liége.
BAZIN (Henry-Émile) (O. ✻), à Chenôve (Côte-d'Or).
DUHEM (Pierre), à Bordeaux.
WITZ (Marie-Joseph-Aimé), à Lille.
ZABOUDSKI (Nicolas), à Saint-Pétersbourg.
LEVI-CIVITA (Tullia), à Padoue.
VOIGT (Woldemar), à Gœttingue.
N. . . . .

SECTION III. — *Astronomie* (16).

LOCKYER (Sir Joseph-Norman), à Londres.
STEPHAN (Jean-Marie-Édouard) (O. ✻), à Marseille.
AUWERS (Arthur), à Berlin.
BACKLUND (Oskar), à Poulkova.
GILL (Sir David) (O. ✻), à Londres.

Messieurs :

BAKHUYZEN (VAN DE SANDE) (C. ✻), à Leyde.
CHRISTIE (William-Henry), à Greenwich (Angleterre).
HILL (George-William), à West-Nyack (États-Unis).
WEISS (Edmund) (O. ✻), à l'Observatoire de Vienne.
PICKERING (Edward-Charles), à Cambridge (Massachusetts).
GAILLOT (J.-B.-Aimable) (✻), à La Varenne-Saint-Hilaire (Seine).
TURNER (Herbert-Hall), à Oxford.
HALE (George-Ellery), à Mount Wilson (Californie).
KAPTEYN (Jacobus-Cornelius) (O. ✻), à Groningue.
VERSCHAFFEL (Aloys), à Abbadia (Basses-Pyrénées).
N. . . . .

SECTION IV. — *Géographie et Navigation* (10).

TEFFÉ (le baron DE), à Rio-de-Janeiro.
NANSEN (Fridtjof) (C. ✻), à Bergen (Norvège).
HELMERT (Frédéric-Robert), à Potsdam.
COLIN (le R. P. Édouard-Élie), à Tananarive.
GALLIENI (Joseph-Simon) (G. O. ✻), à Saint-Raphaël (Var).
BRASSEY (Thomas, Lord) (C. ✻), à Londres.
ALBRECHT (Carl-Theodor), à Potsdam.
HEDIN (Sven-Anders) (C. ✻), à Stockholm.
HILDEBRANDSSON (Hugo-Hildebrand), à Upsal.
N. . . . .

SECTION V. — *Physique générale* (10).

BLONDLOT (René-Prosper) ✻, à Nancy.
MICHELSON (Albert-A.), à Chicago.
GOUY (Georges-Louis) (O. ✻), à Lyon.
BENOÎT (Justin-Miranda-René) (O. ✻), à Sèvres.
CROOKES (Sir William), à Londres.
BLASERNA (Pietro), à Rome.
GUILLAUME (Charles-Édouard), à Sèvres.
ARRHENIUS (Svante-August), à Stockholm.
THOMSON (Joseph-John), à Cambridge.
N. . . . .

SCIENCES PHYSIQUES.

Section VI. — *Chimie* (10).

Messieurs :

Roscoë (Sir Henry-Enfield) (O. ✻), à Londres.
Fischer (Emil), à Berlin.
Sabatier (Paul) (O. ✻), à Toulouse.
Forcrand de Coiselet (Hippolyte-Robert de) (O. ✻), à Montpellier.
Henry (Louis), à Louvain.
Guye (Philippe-Auguste), à Genève.
Guntz (Antoine-Nicolas) ✻, à Nancy.
N. . . . .
N. . . . .
N. . . . .

Section VII. — *Minéralogie* (10).

Gosselet (Jules-Auguste-Alexandre) (O. ✻), à Lille.
Geikie (Sir Archibald), à Londres.
Tschermak (Gustav), à Vienne.
Depéret (Charles-Jean-Julien) ✻, à Lyon.
Rosenbusch (Harry), à Heidelberg.
Œhlert (Daniel) ✻, à Laval.
Brögger (Waldemar-Christofer), à Christiania.
Heim (Albert), à Zurich.
Kilian (Charles-Constant-Wilfrid) (O. ✻), à Grenoble.
Lehmann, à Carlsruhe.

Section VIII. — *Botanique* (10).

Grand'Eury (François-Cyrille) ✻, à Saint-Étienne.
Pfeffer (Wilhelm-Friedrich-Philipp), à Leipzig.
Warming (Johannes-Eugenius-Beilow), à Copenhague.
Flahault (Charles-Henri-Marie) (O. ✻), à Montpellier.
Bertrand (Charles-Eugène) ✻, à Amiens.
Boudier (Jean-Louis-Émile) ✻, à Montmorency.
Wiesner (Julius), à Vienne.
Engler (Heinrich-Gustav-Adolf), à Dahlem, près Berlin.
N. . . . .
N. . . . .

Section IX. — *Économie rurale* (10).

Messieurs :

Gayon (Léonard-Ulysse) (o. ✻), à Bordeaux.
Winogradski (Serge), à Saint-Pétersbourg.
Yermoloff (Alexis) (c. ✻), à Saint-Pétersbourg.
Heckel (Édouard-Marie) (c. ✻), à Marseille.
Godlewski (Emil), à Cracovie.
Perroncito (Edouardo), à Turin.
Wagner (Paul), à Darmstadt.
Leclainche (Emmanuel-Louis-Auguste) ✻, à Toulouse.
Imbeaux (Charles-Édouard-Augustin) ✻, à Nancy.
Balland (Joseph-Antoine-Félix) (o. ✻), à Saint-Julien (Ain).

Section X. — *Anatomie et Zoologie* (10).

Fabre (Jean-Henri) (o. ✻), à Sérignan (Vaucluse).
Retzius (Gustave), à Stockholm.
Maupas (Émile-François), à Alger.
Waldeyer (Henri-Guillaume-Godefroi), à Berlin.
Simon (Eugène-Louis), à Lyons-la-Forêt (Eure).
Pérez (Jean) ✻, à Bordeaux.
Francotte (Charles-Joseph-Polydore), à Bruxelles.
Avebury (John Lubbock, Lord) (o. ✻), à Londres.
Renaut (Joseph-Louis) ✻, à Lyon.
N. . . . .

Section XI. — *Médecine et Chirurgie* (10).

Lépine (Jacques-Raphaël) (o. ✻), à Lyon.
Zambaco (Démétrius-Alexandre) (o. ✻), à Constantinople.
Czerny (Vincent-Joseph), à Heidelberg.
Baccelli (Guido), à Rome.
Calmette (Léon-Charles-Albert) (o. ✻), à Lille.
Manson (Sir Patrick), à Londres.
Pavlov (Jean-Petrovitz), à Saint-Pétersbourg.
Bernstein (Julien), à Halle-sur-Saale.
N. . . . .
N. . . . .

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.



SÉANCE DU LUNDI 6 JANVIER 1913.

PRÉSIDENCE DE M. F. GUYON.



M. **Gabriel Lippmann**, Président sortant, fait connaître à l'Académie l'état où se trouve l'impression des Recueils qu'elle publie et les changements survenus parmi les Membres et les Correspondants pendant le cours de l'année 1912.

État de l'impression des Recueils de l'Académie au 1er janvier 1913.

Volumes publiés.

Comptes rendus des séances de l'Académie. — Le Tome CLII (1er semestre de l'année 1911) et le Tome CLIII (2e semestre de l'année 1911) ont paru avec leurs Tables.

Les numéros des 1er et 2e semestres de l'année 1912 ont été mis en distribution, chaque semaine, avec la régularité habituelle.

Procès-Verbaux des séances de l'Académie des Sciences, tenues depuis la fondation de l'Institut jusqu'au mois d'août 1835. — Tome II, An VIII-An XI (1800-1804).

Volumes en cours de publication.

Procès-Verbaux. — L'impression du Tome III, sauf la Table, est entièrement terminée ; les 24 premières feuilles du Tome IV sont imprimées.

Mémoires de l'Académie. — Tome LII. Mémoire n° 1. *Lepidostrobus Brownii (Unger) Schimper*, par M. R. Zeiller. L'impression de ce Mémoire, qui comprend 9 feuilles et 14 planches hors texte, est entièrement terminée.

Mémoires des Savants étrangers. — Tome XXXV. Le Mémoire n° 1, dont l'auteur est M. Gabriel Kœnigs, est intitulé : *Mémoire sur les courbes conjuguées dans le mouvement relatif le plus général de deux corps solides;* l'impression de ce Mémoire, comprenant 27 feuilles, est entièrement terminée.

Changements survenus parmi les Membres pendant l'année 1912.

Membres décédés.

Section de Géométrie. — M. **Henri Poincaré**, le 17 juillet.

Section d'Anatomie et Zoologie. — M. **Joannès Chatin**, le 4 juillet.

Associé étranger. — Lord **Lister**, à Londres, le 10 février.

Membres élus.

Section de Géométrie. — M. **Hadamard**, le 9 décembre, en remplacement de M. Henri Poincaré, décédé.

Section d'Astronomie. — M. **Pierre Puiseux**, le 26 février, en remplacement de M. Radau, décédé.

Section de Minéralogie. — M. **De Launay**, le 12 février, en remplacement de M. Michel Lévy, décédé.

Section de Botanique. — M. **Costantin**, le 18 mars, en remplacement de M. Bornet, décédé.

Section d'Anatomie et Zoologie. — M. **Marchal**, le 4 novembre, en remplacement de M. Joannès Chatin, décédé.

Section de Médecine et Chirurgie. — M. **Lucas-Championnière**, le 11 mars, en remplacement de M. Lannelongue, décédé.

Associés étrangers. — M. **Metchnikoff**, de Kharkoff, en remplacement de Sir Joseph Hooker, décédé; M. **Schwendener**, à Berlin, en remplacement de Lord Lister, décédé.

Changements survenus parmi les Correspondants pendant l'année 1912.

Correspondants élus Associés étrangers.

Section de Botanique. — M. **Schwendener**, à Berlin, élu Associé étranger, le 13 mai, en remplacement de Lord Lister, décédé.

Section d'Économie rurale. — M. **Metchnikoff**, de Kharkoff (Russie), en résidence à Paris, élu Associé étranger, le 25 mars, en remplacement de Sir Joseph Hooker, décédé.

Correspondants décédés.

Section de Géométrie. — M. **Paul Gordan**, à Erlangen, le 21 décembre.

Section de Mécanique. — M. **Amsler**, à Schaffouse, le 3 janvier.

Section d'Astronomie. — M. **Charles André**, à Lyon, le 6 juin.

Section de Géographie et Navigation. — Sir **George Darwin**, à Cambridge, le 7 décembre.

Section de Chimie. — M. **Lecoq de Boisbaudran**, à Sarrazac, le 28 mai.

Section de Minéralogie. — M. **Zirkel**, à Bonn, le 11 juin.

Section de Botanique. — M. **Strasburger**, à Bonn, le 19 mai.

Section d'Économie rurale. — M. **Pagnoul**, en septembre.

Correspondants élus.

Section de Géographie et Navigation. — M. **Hildebrandsson**, à Upsal, le 29 janvier, en remplacement de M. George Davidson, décédé.

Section de Chimie. — M. **Philippe Guye**, à Genève, le 2 décembre, en remplacement de M. Adolf von Baeyer, élu Associé étranger; M. **Guntz**, à Nancy, le 23 décembre, en remplacement de M. Cannizzaro, décédé.

Section de Minéralogie. — M. **Lehmann**, à Carlsruhe, le 23 décembre, en remplacement de M. Zirkel, décédé.

Section de Botanique. — M. **Engler**, à Dahlem, près Berlin, le 8 juillet, en remplacement de M. Treub, décédé.

Section d'Économie rurale. — M. **Imbeaux**, à Nancy, le 18 novembre, en remplacement de M. Arloing, décédé; M. **Balland**, à Saint-Julien (Ain), le 2 décembre, en remplacement de M. Pagnoul, décédé.

Correspondants à remplacer.

Section de Géométrie. — M. **Paul Gordan**, à Erlangen, décédé le 21 décembre 1912.

Section de Mécanique. — M. **Amsler**, à Schaffouse, décédé le 3 janvier 1912.

Section d'Astronomie. — M. **Charles André**, à Lyon, décédé le 6 juin 1912.

Section de Géographie et Navigation. — Sir **George Darwin**, à Cambridge, décédé le 7 décembre 1912.

Section de Physique générale. — M. **Bosscha**, à Heemstede, décédé le 15 avril 1911.

Section de Chimie. — Sir **William Ramsay**, à Londres, élu Associé étranger, le 27 juin 1910; M. **Ladenburg**, à Breslau, décédé en août 1911; M. **Lecoq de Boisbaudran**, à Sarrazac, décédé le 28 mai 1912.

Section de Botanique. — M. **Schwendener**, à Berlin, élu Associé étranger, le 13 mai 1912; M. **Strasburger**, à Bonn, décédé le 19 mai 1912.

Section d'Anatomie et Zoologie. — M. **Metchnikoff**, à Sèvres, élu Associé étranger, le 25 mars 1912.

Section de Médecine et Chirurgie. — M. **Ernst von Leyden**, à Berlin, décédé le 5 octobre 1910; M. **Mosso**, à Turin, décédé le 24 novembre 1910.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

En prenant possession du fauteuil de la Présidence, M. F. Guyon s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Il y a vingt ans, l'Académie des Sciences me faisait un honneur inestimable; elle m'appelait à siéger parmi ses Membres. Vous me donnez aujourd'hui un très précieux témoignage de votre estime.

Il me tardait de vous remercier de m'avoir désigné pour la présidence. Je voudrais répondre à la confiance que vous me témoignez en ne négligeant rien de ce qui doit être fait pour accomplir les devoirs de la haute fonction dont vous m'honorez.

Les intérêts confiés à vos présidents sont tels, l'honneur de vous représenter est si grand, que l'on ne peut se défendre d'une appréhension légitime. Mais nous savons tous que votre appui ne fait jamais défaut à votre président. Vous l'aidez, en toutes circonstances, à exercer le pouvoir que vous lui conférez.

Nos secrétaires perpétuels savent pressentir les difficultés, ils nous les signalent, aident à les aplanir et à les résoudre. La connaissance approfondie de la constitution de l'Académie, de ses usages, de ses nombreuses affaires, assure la bonne gestion de ses intérêts.

Vos présidents n'ont pas seulement à s'occuper des choses principales de la vie académique. Ils ont aussi le devoir de ne pas perdre de vue les plus petites; le milieu où elles se produisent peut leur donner une très réelle importance.

Il en est une sur laquelle leur attention est nécessairement attirée. Les conversations particulières sont, en effet, un inconvénient inhérent à toute réunion nombreuse. Je suis l'exemple de mes prédécesseurs en y faisant allusion en ce moment. Mais ce n'est pas seulement à notre époque qu'il en est question.

Lorsque le nouveau règlement de l'Académie royale des Sciences lui fut communiqué, le 4 février 1699, l'abbé Bignon fut chargé de lui en donner

lecture et d'en organiser l'application. Il avait présidé la savante Compagnie pendant plusieurs années et jugea utile, pour diverses raisons, de marquer à chacun une place fixe. Il se trouva que des savants de différentes espèces, un géomètre par exemple et un anatomiste, furent voisins. Et, dit le narrateur, comme ils ne parlaient pas la même langue, les conversations particulières furent « moins à craindre ». Fontenelle, qui relate ces faits dans l'*Histoire du renouvellement de l'Académie royale des Sciences*, ne dit pas si l'influence favorable de certains voisinages scientifiques sur les conversations particulières continua à se faire sentir.

De nos jours, les conversations particulières sont encore à craindre, et pourtant elles s'interrompent avec facilité. Vos présidents obtiennent toujours le rétablissement du silence. Il leur est immédiatement accordé. Souhaitons qu'ils n'aient pas à le réclamer fréquemment. L'espacement des conversations particulières les rendrait moins à craindre. Ce pourrait être, je me hasarde de le dire, une solution de cette délicate question.

J'accomplis le premier acte de ma présidence en adressant en votre nom les remercîments de l'Académie à notre savant et célèbre confrère M. Lippmann et je souhaite la bienvenue à notre éminent confrère M. Appell, notre nouveau vice-président.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. **F. Guyon** ajoute :

Mes chers Confrères,

J'ai le douloureux devoir de faire part à l'Académie de la mort de M. *Teisserenc de Bort*, décédé à Cannes le 2 janvier 1913, et de M. *Cailletet*, décédé à Paris le 5 janvier.

M. Léon Teisserenc de Bort, né à Paris le 6 novembre 1855, avait été élu Académicien libre le 14 novembre 1910, en remplacement de M. Rouché. Notre confrère a siégé peu de temps parmi nous.

De très intéressants travaux avaient depuis longtemps marqué sa place dans notre compagnie. Ils ont eu pour objet l'étude scientifique de la haute atmosphère. Ses observations ont particulièrement porté sur le niveau des températures, la distribution des courants, l'état hygrométrique.

Fondateur d'un observatoire météorologique et créateur d'un laboratoire pour la construction des appareils et l'analyse des résultats fournis par ses observations, il a réuni de très précieux documents et publié d'importants travaux.

Nous espérons que les recherches auxquelles il a consacré sa vie et employé ses ressources personnelles trouveront des continuateurs.

M. Louis Cailletet, élu Académicien libre le 26 mai 1884, en remplacement du comte du Moncel, était né à Châtillon-sur-Seine le 21 septembre 1832.

De grandes et remarquables découvertes avaient depuis longtemps déjà établi sa célébrité scientifique. Il fut son propre maître. Grand industriel, il sut tirer parti des températures élevées des hauts fourneaux et de la puissance considérable des machines dont il disposait. Il put obtenir la liquéfaction des gaz par l'emploi combiné de très fortes pressions et d'énormes réfrigérations; il révolutionna cette partie de la Physique. On sait quelle fut l'influence de ses travaux sur la production des basses températures et sur l'emploi scientifique et industriel du froid.

La passion des grandes recherches qui anima sa jeunesse n'abandonna jamais notre célèbre confrère. Il n'a cessé de suivre les progrès de l'aéronautique et s'est toujours très vivement intéressé aux chercheurs.

Je lève la séance publique en signe de deuil.

NAVIGATION. — *Calcul de l'augmentation du chargement ou de la vitesse, obtenue par l'accroissement des dimensions d'un paquebot.* Note [1] de M. L.-E. **Bertin**.

I.

Dans l'équation fondamentale exprimant la répartition du déplacement P entre les différents poids, sur des navires géométriquement semblables,

$$P = aP + bP^{\frac{2}{3}} + p, \tag{1}$$

$$p = \left(1 - a - bP^{-\frac{1}{3}}\right)P, \tag{1'}$$

la fraction a de poids de coque n'est constante que si l'on accepte pour les matériaux une charge variable, croissant avec P. L'obligation de limiter cette charge à un maximum infranchissable, plus impérieuse et mieux définie sur les paquebots que sur les navires de guerre, conduit donc à donner à a des valeurs plus fortes, à mesure que les navires grandissent. Cette variation de a exerce, sur le chargement p, ainsi que sur le coefficient b dont la vitesse dépend, une répercussion très importante qui mérite l'étude la plus attentive.

(1) Présentée dans la séance du 30 décembre 1912.

Supposons d'abord a constant ([1]); cette hypothèse est acceptable pour les navires de faible déplacement, par exemple au-dessous de 5000^t.

L'augmentation de déplacement dP nécessaire pour donner au chargement un accroissement dp, qui pourrait être de 1^t, s'obtient par une simple différenciation,

$$dP = a\,dP + \frac{2}{3}bP^{-\frac{1}{3}}dP + dp, \tag{2}$$

$$dp = \left(1 - a - \frac{2}{3}bP^{-\frac{1}{3}}\right)dP. \tag{2'}$$

Divisant membre à membre (2') et (1'), nous avons l'équation

$$\frac{dp}{p} = \frac{dP}{P}\left(1 + \frac{1}{3}\,\frac{b}{(1-a)P^{\frac{1}{3}} - b}\right), \tag{3}$$

qui peut aussi s'écrire

$$\frac{dp}{dP} = \frac{p}{P}\left(1 + \frac{1}{3}\,\frac{b}{(1-a)P^{\frac{1}{3}} - b}\right). \tag{3'}$$

L'avantage obtenu en accroissant le déplacement individuel des navires, de préférence à leur nombre, est exprimé algébriquement par le rapport r entre $\frac{dp}{dP}$ ou $\frac{1}{q}$ et $\frac{p}{P}$ ou $\frac{1}{Q}$, c'est-à-dire par l'expression

$$r = \frac{Q}{q} = 1 + \frac{1}{3}\,\frac{b}{(1-a)P^{\frac{1}{3}} - b}. \tag{4}$$

Dans ce cas, le rapport r est toujours plus grand que 1, mais il se rapproche de 1, en diminuant constamment, à mesure que P augmente. L'avantage des agrandissements ne s'annule que lorsque P est infini. Les très faibles valeurs de P sont ici hors de question.

Supposons maintenant constante la charge des matériaux de la charpente sur mer agitée. Si les coques sont géométriquement semblables, comme on l'admet dans les calculs de résistance, le poids des éléments résistant à la flexion doit être proportionnel, non à P, mais à $P^{\frac{4}{3}}$, ce qui donne pour a l'expression

$$a = \alpha + \alpha' P^{\frac{1}{3}}. \tag{5}$$

Les équations deviennent ainsi plus compliquées; l'équation (1) prend la forme suivante

$$P = \alpha P + \alpha' P^{\frac{4}{3}} + bP^{\frac{2}{3}} + p, \tag{6}$$

([1]) *Comptes rendus*, 1er avril 1909.

Un calcul semblable au premier donne

(7) $$\frac{dp}{p} = \frac{dP}{P}\left(1 + \frac{1}{3}\,\frac{b - \alpha' P^{\frac{2}{3}}}{(1-\alpha)P^{\frac{1}{3}} - \alpha' P^{\frac{2}{3}} - b}\right),$$

(8) $$r = \left(1 + \frac{1}{3}\,\frac{b - \alpha' P^{\frac{2}{3}}}{(1-\alpha)P^{\frac{1}{3}} - \alpha' P^{\frac{2}{3}} - b}\right).$$

Le rapport r descend donc à l'unité, pour une valeur finie de P,

(9) $$P_1 = \left(\frac{b}{\alpha'}\right)^{\frac{3}{2}}.$$

Cette valeur de P correspond au maximum du rapport de p à P, car elle annule la dérivée de ce rapport tirée de l'équation (6),

$$\frac{d}{dP}\left(\frac{p}{P}\right) = -\frac{1}{3}\alpha' P^{-\frac{2}{3}} + \frac{1}{3} b P^{-\frac{4}{3}}.$$

La valeur absolue du chargement p présente elle-même un maximum déterminé par l'équation

$$\frac{4}{3}\alpha' P^{\frac{2}{3}} - (1-\alpha)P^{\frac{1}{3}} + \frac{2}{3} b = 0,$$

qui nous donne

(10) $$P_2 = \left\{\frac{3(1-\alpha)}{8\alpha'} \pm \sqrt{\left[\frac{3(1-\alpha)}{8\alpha'}\right]^2 + \frac{b}{2\alpha'}}\right\}^3.$$

Cette valeur de P_2 s'obtiendrait également en égalant à zéro l'expression (8) de r.

Enfin, la valeur absolue de p, à son tour, s'annule, d'après l'équation (6), pour le déplacement

(11) $$P_3 = \left[\frac{1-\alpha}{2\alpha'} \pm \sqrt{\left(\frac{1-\alpha}{2\alpha'}\right)^2 - \frac{3}{\alpha'}}\right]^3.$$

Les coefficients α, α' peuvent se calculer d'après deux valeurs de a, assez bien connues, qui sont respectivement 0,55 et 0,65 pour les paquebots de 25000ᵗ et de 50000ᵗ :

(5') $$\begin{cases} \alpha + \alpha' \times 25\,000^{\frac{1}{3}} = 0,55, \\ \alpha + \alpha' \times 50\,000^{\frac{1}{3}} = 0,65 \end{cases}$$

donnent

$$(12)\quad \begin{cases} \alpha = 0,1652, \\ \alpha' = 0,01316. \end{cases}$$

D'autre part, pour les paquebots précédents, supposés dotés de 24^{n} de vitesse, avec le charbon nécessaire à la traversée du Havre à New-York, la valeur de b est, d'après l'exemple de la *France*,

$$(13)\quad b = 11,25.$$

Ces valeurs, introduites dans les formules (9), (10), (11), donnent

$$(14)\quad \begin{cases} P_1 = 24995^{t}, & \text{soit} \quad 25000^{t}, \\ P_2 = 44943, & \text{soit} \quad 45000, \\ P_3 = 85329, & \end{cases}$$

en laissant de côté un minimum négatif du rapport de p à P, pour le déplacement de 1738^{t}, et une valeur nulle de p pour le déplacement de 7329^{t}.

Les résultats précédents peuvent être établis ou contrôlés avec une grande approximation, en dressant à l'aide des valeurs α, α', b, le devis des poids d'une série de paquebots, de déplacements croissant par dizaines de mille tonnes. Le Tableau suivant a été préparé en supposant

$$(15)\quad \begin{cases} \alpha = \dfrac{0,65}{3} = 0,2166, \\ \alpha' = 0,01176, \\ b = 11,25. \end{cases}$$

Tableau I.

P.	a.	p.	$\frac{p}{P}$.	Moyennes des lignes horizontales successives. $\frac{p}{P} = \frac{1}{Q}$.	$\frac{\Delta p}{\Delta P} = \frac{1}{q}$.	$r = \frac{Q}{q}$.	P.
20000^t	0,5359^t	992^t	0,0496				
				0,0527	+0,0683	+ 1,296	25000^t
30000	0,5821	1675	0,0558				
				0,0540	+0,0410	+ 0,760	35000
40000	0,6190	2085	0,0521				
				0,0485	+0,0140	+ 0,289	45000
50000	0,6500	2235	0,0449				
				0,0402	−0,0105	− 0,261	55000
60000	0,6771	2130	0,0355				
				0,0306	−0,0337	− 1,103	65000
70000	0,7014	1793	0,0256				
				0,0206	−0,0552	− 2,686	75000
80000	0,7234	1241	0,0155				
				0,0104	−0,0776	− 7,498	85000
90000	0,7438	465	0,0052				
				0,0001	−0,0962	−18,863	95000
100000	0,7626	−497	0,0050				

D'après ce Tableau, le maximum de chargement par tonne de déplacement correspond au déplacement P_1 de $30\,000^t$. Le maximum de chargement correspond au déplacement P_2 de $50\,000^t$. La limite P_3, au delà de laquelle le bâtiment est irréalisable, même pour naviguer à vide, est de 95000^t.

La colonne des valeurs de r montre la rapidité avec laquelle l'avantage des gros déplacements va en diminuant.

Dans la fraction a du déplacement appliquée au poids de coque, le terme constant α est certainement supérieur à 0,1652 et même à 0,2166. Cette anomalie, dans les résultats donnés par l'équation (5'), a son explication dans le défaut de similitude géométrique entre les charpentes des paquebots. La longueur croît plus vite que la hauteur; par suite, l'exposant de P dans le terme en α' est supérieur à $\frac{1}{3}$. Si l'agrandissement du navire ne se faisait qu'en longueur, le calcul des résistances de matériaux indique un exposant de P égal à l'unité, ce qui donnerait $\alpha = 0,45$. Sans aller jusque-là, on peut admettre que l'exposant $\frac{1}{2}$ serait mieux justifié que $\frac{1}{3}$, ce qui donnerait

$$(15) \qquad \begin{cases} \alpha = 0{,}3086, \\ \alpha' = 0{,}001\,527. \end{cases}$$

Plus l'exposant de P est élevé dans la formule (5), plus la croissance de a est rapide quand le déplacement augmente. Avec l'exposant 1, par exemple, a serait égal à 0,85 au lieu de 0,7625, pour le déplacement de $100\,000^t$. Formules et Tableaux, dans tout ce qui précède, donnent donc un simple minimum des inconvénients attachés à la croissance des navires.

II.

Supposons que l'accroissement de dimensions des paquebots ait uniquement pour but l'augmentation de la vitesse, le chargement restant constant, et égal à 1675^t, comme sur le bâtiment de $30\,000^t$ que nous prendrons pour type. La valeur du coefficient b se trouve ainsi fixée à 11,25 pour le déplacement de $30\,000^t$; il s'agit de déterminer sa valeur et d'en déduire la vitesse V pour les autres déplacements.

Les deux termes aP et p étant connus, le terme bP et par suite la valeur de b s'obtiennent immédiatement. Toute la difficulté porte sur le départage à faire entre le poids du moteur et celui du combustible, la vitesse ne dépendant que du premier. Ce départage n'est possible que si tous les navires sont approvisionnés en vue d'une même distance à franchir à la

vitesse maxima. Nous n'avons donc à considérer que les paquebots des lignes régulières.

Soient $BP^{\frac{2}{3}}$ et $B'P^{\frac{2}{3}}$ les deux parties de $bP^{\frac{2}{3}}$ et B_0, B'_0 les valeurs particulières de B, B', pour le paquebot de 30 000[t] ayant une vitesse V_0 égale à 24 nœuds. Nous avons, pour ce bâtiment, avec $b_0 = 11,25$,

$$b_0 P_0^{\frac{2}{3}} = B_0 P_0^{\frac{2}{3}} + B'_0 P_0^{\frac{2}{3}}. \tag{16}$$

Pour les autres bâtiments, le coefficient B, proportionnel à la puissance des moteurs, varie, par rapport à B_0, dans le rapport du cube des vitesses V, V_0; le coefficient B', proportionnel à la fois au cube des vitesses et à la durée des traversées, varie comme le carré du rapport de V à V_0. Nous trouvons ainsi

$$b = B_0\left(\frac{V}{V_0}\right)^3 + B'_0\left(\frac{V}{V_0}\right)^2. \tag{17}$$

Avant l'adoption des turbines, le poids du moteur des paquebots transatlantiques atteignait les $\frac{6}{5}$ de celui du combustible [1]. Sur la *France*, qui présente pour b la valeur 11,25, les deux poids sont sensiblement égaux. L'équation générale, applicable à tous les navires dérivés de la *France*, suivant la loi de similitude, est donc

$$b = \frac{1}{2} b_0\left(\frac{V}{V_0}\right)^3 + \frac{1}{2} b_0\left(\frac{V}{V_0}\right)^2, \tag{18}$$

ou, en remplaçant V_0 et b par leur valeur,

$$\left(\frac{V}{24}\right)^3 + \left(\frac{V}{24}\right)^2 - \frac{b}{5,625} = 0. \tag{19}$$

Cette équation n'a qu'une racine réelle, qui est

$$\frac{V}{24} = -\frac{1}{3} + \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{R}} + \sqrt[3]{-\frac{q}{2} - \sqrt{R}}, \tag{20}$$

en posant

$$\left\{\begin{aligned} p &= -\frac{1}{3}, \\ q &= \frac{2}{27} - \frac{b}{5,625}, \\ R &= \frac{q^2}{4} + \frac{p^3}{27} = \left(\frac{b}{11,25}\right)^2 - \frac{1}{27}\,\frac{b}{5,625}. \end{aligned}\right. \tag{21}$$

---

[1] *Provence :* moteur 4200[t], charbon 3500[t]; *France :* moteur 5500[t], charbon 5000[t] (tirage forcé).

Les résultats obtenus, en appliquant ces formules, sont donnés dans le Tableau suivant :

TABLEAU II.

P.	aP.	$bP^{\frac{2}{3}}$.	b.	V.
t 20 000	t 10 719	t 7 606	10,323	n 23,188
30 000	17 463	10 862	11,250	24,000
40 000	24 737	13 588	11,618	24,386
50 000	32 500	15 825	11,660	24,346
60 000	40 628	17 697	11,547	24,307
70 000	49 099	19 226	11,319	24,066
80 000	57 872	20 453	11,026	23,801
90 000	66 942	21 383	10,647	23,482
100 000	76 260	22 065	10,242	23,118

Le maximum de vitesse, à chargement constant, correspond à peu près au même déplacement que le maximum de chargement à vitesse constante. Les vitesses varient d'ailleurs très peu, tantôt en croissant avec le déplacement, tantôt en diminuant, et ne conduisent jamais aux conditions irréalisables, indiquées par les valeurs négatives du chargement dans le Tableau I.

Les calculs qui précèdent répondent aux conditions actuelles de la construction des coques et des moteurs, ainsi que de la profondeur des ports. Ils seront à refaire quand ces conditions auront changé.

ÉLECTRICITÉ. — *La polarisation diélectrique de la paroi et les mesures de cohésion diélectrique ; le retard d'effluve.* Note de M. E. BOUTY.

1. La formule [1]

$$B = 1,165\, b + 6 \qquad (1)$$

qui m'a permis de relier empiriquement la valeur B de la cohésion diélectrique apparente d'un gaz, mesurée dans un ballon de verre de 3^{cm} de diamètre, à la cohésion normale b peut, dans le cas des gaz communs, dont la cohésion est très grande, être légitimement réduite à son premier terme, proportionnel à b.

[1] *Comptes rendus*, t. 155, p. 1207.

Si l'on adopte pour la cohésion diélectrique du verre la valeur la plus probable (égale à 6) et si l'on admet, d'après le souffleur qui a construit mes ballons, que l'épaisseur de la paroi est très sensiblement de 1^{mm}, une formule connue ([1]) permet de calculer le rapport du champ y_e extérieur au ballon (champ mesuré) au champ y_i intérieur qui agit effectivement sur le gaz. On trouve ainsi

$$\frac{y_e}{y_i} = 1,173. \tag{2}$$

Ce nombre se confond sensiblement avec le coefficient de b dans la formule (1).

Un calcul approximatif établit d'autre part que, dans le ballon plat employé pour les mesures normales ([2]), le champ extérieur y_e et le champ axial y_i peuvent être confondus à moins de 1 pour 100 près.

Il en résulte que, dans le cas des gaz communs, l'excès de la cohésion apparente B par rapport à b s'explique suffisamment par l'effet de la polarisation diélectrique de la paroi.

2. La valeur 6 de la constante diélectrique du verre est celle que donnent, en moyenne, les méthodes de mesure dans lesquelles l'action du champ se prolonge pendant un temps appréciable.

Mais quand on fait usage des oscillations hertziennes, la loi de Maxwell semble rigoureusement applicable, même à des diélectriques très imparfaits. L'indice du verre étant pris égal à 1,5, la constante diélectrique instantanée serait seulement 2,25.

Si l'effluve lumineuse était rigoureusement synchrone du champ qui la provoque, on devrait s'attendre à ce que le verre n'intervînt, pour réduire le champ efficace à l'intérieur des ballons, qu'en vertu de la constante diélectrique instantanée 2,25. Puisqu'il n'en est pas ainsi, c'est que le synchronisme rigoureux n'existe pas; c'est que l'effluve présente un retard fini par rapport au champ.

3. On sait que la décharge disruptive entre électrodes métalliques s'accompagne fréquemment de retards *directement observables*.

([1]) Voir MASCART, *Traité d'électricité et de magnétisme*, t. I, p. 217-218.

([2]) Ce ballon de 8^{cm} de diamètre normalement au champ, de $5^{cm},5$ dans le sens du champ et dont les parois ont sensiblement 1^{mm} d'épaisseur, a été assimilé pour ce calcul à l'ensemble de deux disques plats de 5^{cm} de diamètre, raccordés par une zone sphérique de 4^{cm} de rayon.

Dans mes expériences antérieures, faites avec de grands ballons, je n'avais observé de tels retards que d'une manière tout à fait accidentelle. Ils pouvaient n'être qu'une apparence masquant un accroissement fortuit du champ interne, dû à quelque modification de l'état électrique de la paroi.

Avec de petits ballons, les retards, quoique encore assez rares, l'ont été d'autant moins que le volume de la masse gazeuse soumise au champ était plus petit. Il devenait donc probable que la cause du retard devait être cherchée, non dans la paroi, mais dans le gaz; et puisque le retard paraît se généraliser quand la masse de gaz tend vers zéro, il semble tout indiqué de faire appel à la notion de probabilité.

Le nombre d'ions normalement présents dans l'unité de volume d'un gaz est toujours très petit par rapport au nombre de molécules. La chance pour que, sous l'action du champ critique, quelques-uns de ces ions atteignent, dans un temps très court, une vitesse suffisante pour pouvoir ioniser des molécules neutres, diminue donc et tend vers zéro avec le volume.

Ces faits sont en parfait accord avec la théorie ionique de la décharge disruptive, qui peut donc être étendue à l'effluve.

4. Revenons au cas des gaz rares et particulièrement du néon, pour lequel la cohésion diélectrique b est très petite. Les deux termes de la formule (1) sont alors du même ordre. L'explication fournie par la polarisation diélectrique de la paroi ne suffit plus pour justifier la totalité de l'accroissement constaté de la cohésion.

J'ai donc tenté de faire appel à un tout autre ordre de considérations.

La différence de potentiel explosive est la mesure du travail effectué sur l'unité d'électricité dans l'acte initial de la décharge disruptive. Il est légitime de décomposer ce travail en deux parts, l'une consommée au voisinage immédiat des électrodes ou de la paroi, l'autre dépensée tout le long de la colonne gazeuse intéressée par la décharge ou par l'effluve. *A priori*, cette dernière doit être proportionnelle au nombre de molécules intéressées et par conséquent au produit pe de la pression par l'épaisseur de la couche. L'autre peut dépendre de la pression d'après une loi quelconque, que l'expérience seule peut révéler.

Dans mes expériences, ce que l'on mesure directement c'est le champ critique y. La différence de potentiel entre les points de la masse gazeuse les plus éloignés dans le sens du champ, comparable au potentiel explosif,

s'obtient en multipliant le champ critique mesuré y par cette distance e. On doit donc avoir

$$ye = f(p) + bpe, \tag{2}$$

formule dans laquelle b est la cohésion diélectrique du gaz.

Avec les gaz communs, et à partir du minimum absolu de ye, le terme $f(p)$ croît d'abord et tend vers une valeur constante m sensiblement atteinte à partir d'une valeur de la pression suffisamment grande. Pour les pressions élevées, le champ critique y est alors de la forme

$$y = \frac{m}{e} + bp. \tag{3}$$

Supposons cependant que pour un certain gaz, le néon par exemple, la limite de $f(p)$, au lieu d'être une constante, soit une fonction linéaire de la pression

$$f(p) = m + np. \tag{4}$$

Le champ critique y deviendra

$$y = \frac{m}{e} + \left(\frac{n}{e} + b\right)p. \tag{5}$$

La cohésion diélectrique apparente $\frac{n}{e} + b$, pour un ballon de diamètre donné e, sera supérieure à la cohésion normale b et tendra vers b quand e croîtra indéfiniment.

Si cette cause d'augmentation apparente de la cohésion diélectrique existe réellement pour le néon, il est bien vraisemblable qu'elle est générale. Pour expliquer la formule (1) telle quelle, il faudrait en effet supposer que n a la même valeur pour tous les gaz. Mais il est très possible que ce coefficient n soit spécifique et varie d'un gaz à l'autre, en restant toutefois du même ordre de grandeur. Les expériences actuelles ne suffisent pas pour élucider ce point.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence des conditions antérieures sur la valeur du quotient respiratoire chez les feuilles vertes.* Note de MM. **L. Maquenne** et **E. Demoussy.**

Dans une précédente Communication, nous avons fait observer que l'on n'obtient pas toujours les mêmes résultats, dans l'étude de la respiration

végétale, suivant que l'expérience est faite en hiver ou en été; il n'y a pas lieu d'en être surpris parce que dans la saison froide toutes les fonctions de la plante sont considérablement ralenties et qu'alors la composition de ses tissus doit être différente de celle qu'ils possèdent pendant la saison chaude. Mais en été aussi les conditions extérieures changent d'une façon incessante, l'intensité du rayonnement solaire pouvant prendre une infinité de valeurs qu'il ne saurait atteindre en hiver et la température des feuilles oscillant, du jour à la nuit, entre des limites distantes de plus de 30°. Ces changements périodiques du milieu entraînent forcément des modifications, périodiques aussi, dans la composition du suc cellulaire et par suite dans la grandeur du quotient respiratoire, modifications qui pourraient en toute autre saison se confondre avec les erreurs expérimentales parce qu'alors elles sont moins accentuées.

C'est M. Aubert qui, dans sa très intéressante étude de la respiration des plantes grasses ([1]), a montré le premier que l'on trouve des valeurs différentes du quotient respiratoire suivant qu'on le détermine le matin ou le soir; sa valeur diurne est, d'après lui, supérieure à sa valeur nocturne, et l'auteur explique ce phénomène en le rattachant à la présence, dans les plantes charnues, d'une proportion considérable d'acides organiques fixes, qui se forment de préférence pendant la nuit et se décomposent partiellement pendant le jour. Cette manière de voir, qui trouve un appui dans l'observation faite par M. Mangin que la présence d'un excès d'acide dans une feuille augmente son quotient respiratoire, nous paraît irréprochable; cependant le phénomène est plus complexe que ne le supposait M. Aubert, et c'est sur quelques-unes de ses particularités que nous désirons aujourd'hui appeler l'attention.

Il arrive parfois, même avec des feuilles minces, que l'on trouve à 25°, par exemple, un quotient respiratoire plus élevé sur un sujet qui a été maintenu quelque temps à l'obscurité que sur un autre semblable qui sort de la pleine lumière; c'est, comme on le voit, exactement l'inverse de ce que nous avons appelé l'épuisement des feuilles, le contraire donc de ce qui s'observe d'ordinaire. Pour ces espèces anormales la lumière a pour effet d'abaisser progressivement le rapport $\frac{CO^2}{O}$ et l'obscurité celui de ramener ce même rapport à sa valeur primitive, les basses températures étant pour cela plus efficaces que les hautes. Le nombre que l'on obtient dépend alors

([1]) *Revue générale de Botanique*, t. IV, 1892.

de l'état dans lequel se trouvait l'organe étudié avant sa mise en expérience; c'est ce que nous exprimons en disant que ces espèces sont sensibles aux conditions antérieures.

Nous rapporterons ici quelques-uns des résultats obtenus dans ce sens avec l'Oseille, la Joubarbe et le *Sedum acre* par la méthode directe et avec le Géranium et la Rhubarbe par la méthode indirecte des essais manométriques.

	Température.	$\frac{CO^2}{O}$.
Oseille (avril-juillet).		
1. Feuilles cueillies après midi au soleil	25°	0,95 à 0,98
2. Plante maintenue 2 heures à l'obscurité sur place	25	1,04
3. » 16 » »	25	1,04
4. Feuilles conservées 2 heures à 26° dans l'obscurité	25	1,06
Sedum (juillet).		
5. Cueilli à 3h au soleil	25	0,78 à 0,86
6. Cueilli à 3h par temps sombre	25	1,16
7. Après 15 heures d'obscurité à 16°	25	1,17
8. Après 20 heures d'obscurité à 30°	25	1,03
Joubarbe (juillet).		
9. Feuilles cueillies à 9h du matin	25	1,37
10. » 11h au soleil	25	0,92
11. » 3h au soleil	25	0,01 à 0,02
12. Plante ou feuilles conservées 16 heures à 16° dans l'obsc	25	1,32 à 1,49
13. » » »	40	1,68
14. Plante maintenue 17 heures à 25° dans l'obscurité	25	1,32
15. » » 30° »	25	0,98 à 1,14
16. Feuilles cueillies le soir; 16 premières heures	16	0,22
17. Les mêmes, après encore 5 heures	16	1,41
18. Les mêmes, après encore 16 heures	16	1,36

Variations de pression pour δ = 0,01 à 30° après...	30m.	1h.	1h30m.	2h.
Géranium (juin-juillet).	mm	mm	mm	mm
Feuilles cueillies au soleil	—1,25	—3,00	—5,25	— 7,25
Après 2 heures 30 d'obscurité sur place	+2,25	+2,50	+3,00	+ 3,75
Rhubarbe (juin).				
Feuille cueillie au soleil	—1,75	—4,25	—7,75	—10,00
Après 2 heures d'obscurité à 20°	+1,00	+2,25	+5,25	+ 6,75

Il résulte de ces observations qu'il n'est pas exact de dire, au moins dans les cas qui viennent d'être cités, que le quotient respiratoire de nuit est inférieur au quotient respiratoire de jour; la vérité est que ce rapport change à chaque heure du jour et de la nuit, décroissant d'une façon régulière dans le premier cas, augmentant dans le second, si bien qu'après un certain temps d'exposition au soleil ou de séjour à l'obscurité on peut lui trouver juste la même valeur, sa moyenne de jour devenant vraisemblablement égale à sa moyenne de nuit.

On pourrait interpréter ces résultats, pour le Géranium et la Rhubarbe, en admettant que la feuille, à l'obscurité, emprunte aux réserves de la plante les principes, acides ou autres, dont l'insolation l'a momentanément privée en les décomposant; l'explication n'a plus de valeur pour l'Oseille, le Sedum et la Joubarbe, dont on voit le quotient respiratoire changer aussi bien dans des feuilles détachées, par conséquent en dehors de tout mouvement de migration, que dans des feuilles laissées adhérentes à la souche.

L'abaissement du quotient jusqu'au voisinage de zéro est connu depuis longtemps et M. Aubert l'a constaté maintes fois dans ses recherches sur la respiration des plantes grasses, mais son relèvement jusqu'à des valeurs aussi énormes que 1,5 ou 1,6 est un fait nouveau qui avait jusqu'à présent échappé à tous les observateurs.

Son explication semble, à première vue, peu conciliable avec la théorie de l'acidification des tissus, surtout si l'on considère cette acidification comme un phénomène réversible; s'il est déjà difficile, en effet, de concevoir une oxydation des principes intracellulaires s'effectuant à la fin du jour sans aucun dégagement de gaz, il est encore moins aisé de comprendre pourquoi, après une nuit de repos, le quotient prend une valeur qui dépasse certainement de beaucoup celle qui correspond à la respiration normale.

Nous ne voyons qu'un seul moyen de résoudre cette difficulté, c'est de considérer la respiration d'une plante à échanges difficiles comme s'effectuant en deux phases successives aboutissant : la première à une production d'acides fixes, résultat d'une oxydation rendue incomplète par la lenteur de pénétration de l'oxygène; la seconde, à une combustion de ces mêmes acides, succédant à celle des principes acidifiables lorsque ceux-ci se trouvent épuisés.

Dans cette hypothèse, lorsqu'on transporte à l'obscurité un organe vert qui s'est chargé d'hydrates de carbone par assimilation et qui s'est en

partie désacidifié sous l'influence de la chaleur du soleil, ce sont les hydrates de carbone, plus altérables et plus abondants que les acides, qui s'oxydent d'abord; ils donnent ainsi naissance à une nouvelle quantité d'acides fixes et seulement à peu d'acide carbonique : le quotient respiratoire est faible. Mais en même temps la réserve d'hydrates de carbone diminue et devient bientôt insuffisante pour maintenir la respiration à son intensité normale; alors les acides, devenus prédominants, brûlent à leur tour, en proportion de plus en plus forte à mesure que progresse l'épuisement en hydrates de carbone : le quotient respiratoire remonte et tend vers la limite, très supérieure à 1, qui correspond à la combustion totale des acides organiques fixes.

Ainsi que le montre le Tableau précédent, l'influence de la chaleur ne se fait sentir dans cette première phase que lorsque la température de respiration est différente de celle de conservation. Il est surtout essentiel de noter que le quotient remonte aussi bien quand ces deux températures sont égales, à peine davantage à 16° qu'à 25° (Oseille, Joubarbe, expériences 4, 14 et 17), qu'il remonte même quand la température de respiration est inférieure à celle de conservation (expériences 8 et 15), et enfin qu'il conserve sa haute valeur pendant un temps relativement très long (21 heures dans les expériences 17 et 18). Cette constatation suffit à établir que ce phénomène est, au point de vue qualitatif, indépendant de l'état de saturation plus ou moins complète de la feuille en acide carbonique et que, par conséquent, il doit être attribué, comme nous l'avons admis ci-dessus, à un changement de nature des substances dont la combustion est cause du dégagement de ce gaz.

Vient-on maintenant à reporter la plante au soleil, sa température s'élève, la formation des acides est arrêtée, ceux que renferme la feuille se détruisent et font place à de nouveaux hydrates de carbone qui, en brûlant, consomment davantage d'oxygène : le quotient respiratoire s'abaisse. Théoriquement il devrait alors tendre vers l'unité, il reste à dire pourquoi on le voit descendre jusqu'à près de zéro dans les appareils où on le détermine.

Ici nous sommes obligés de faire intervenir deux nouvelles influences : celle de l'acide carbonique qui, lorsqu'il se trouve en dissolution dans le suc cellulaire, doit nécessairement être mis au nombre de ses composants organiques, au même titre que les acides fixes, et celle de la température, qui agit à la fois sur l'acidification et sur le coefficient d'absorption de la feuille pour le gaz carbonique. On sait que certaines espèces sont particulièrement sensibles à l'action de la chaleur qui, en général, fait croître le

quotient respiratoire; le fait a été démontré d'abord par Dehérain et Maquenne, dans leur étude de la respiration du Fusain; observé depuis sur les plantes grasses par M. Aubert, il apparaît ici avec la plus grande netteté.

	Temp.	$\frac{CO^2}{O}$.		Temp.	$\frac{CO^2}{O}$.
Joubarbe (janvier).......	8°	0,90	Rhubarbe (avril)......	10°	0,90
	25	1,09		35	1,06
Oseille (décembre)......	8	1,00	Sedum acre (juillet)...	16	0,92
	35	1,07		25	1,16

Une feuille de Joubarbe, cueillie le soir en été, et qui avait à 17° un quotient respiratoire égal seulement à 0,17, donnait $\frac{CO^2}{O} = 0,60$ à 40°, ce qui suppose une valeur bien voisine de 1, par conséquent normale, à la température, supérieure encore à celle-ci, que la plante supporte lorsqu'elle est exposée au rayonnement direct du soleil ([1]). La faible valeur trouvée à 17° est une conséquence de la formation des acides fixes, favorisée par l'abaissement de la température; mais il y a plus : le coefficient d'absorption de l'acide carbonique s'élève quand la feuille se refroidit, et comme elle ne renferme aucune trace de ce gaz quand on la transporte de la lumière à l'obscurité, elle retient celui qu'elle forme jusqu'à ce qu'elle ait acquis un degré de sursaturation qui lui permette de le laisser sortir. Et c'est ainsi que, déjà faible par ailleurs, et toujours par suite de la difficulté des échanges gazeux dans les plantes en question, le quotient respiratoire apparaît encore diminué, au point de sembler presque nul. C'est seulement en faisant l'expérience de respiration à la même température que la feuille supportait au soleil, que l'on pourrait obtenir un résultat à peu près exact, c'est-à-dire représentant ce qui se passe en réalité dans la feuille quand elle est insolée.

L'étude de la respiration chez l'*Aspidistra* nous a donné des résultats qui peuvent être invoqués en faveur de cette manière de voir. Cette plante diffère essentiellement des espèces charnues par la finesse de ses feuilles et son peu d'acidité, mais elle s'en rapproche par la valeur de son intensité respiratoire, toujours très faible, et la lenteur de ses échanges gazeux. Or, si l'on enferme une feuille d'*Aspidistra* dans un appareil manométrique maintenu à 36° (ceci est important, car à 30° et au-dessous les résultats ne

---

([1]) D'après Louguinine et Dupont, la température des plantes grasses, au soleil, peut facilement dépasser 45° (*Revue générale de Botanique*, t. XXIV, p. 244).

sont plus les mêmes), on constate que la pression monte aussitôt quand elle a été prise sur un sujet conservé au préalable à l'abri de la lumière, tandis qu'elle baisse d'abord, pour remonter ensuite, quand la feuille a été cueillie au soleil.

Variations de pression pour $\delta = 0,01$ à 36° après..	30m.	1h.	2h.	3h.
	mm	mm	mm	mm
Feuille cueillie au soleil	−2.50	− 2,00	+ 4,00	+10,00
Id.	−0,75	− 2,00	− 1,00	+ 1,00
Après 3 heures 30 d'obscurité	+6,25	+12,50	+25,50	+33,50
Après 16 heures d'obscurité	+4,00	+ 8,00	+17,00	+28,00

L'effet est le même qu'avec les feuilles charnues de la Joubarbe, sauf cette seule différence que, se faisant sentir après seulement 2 ou 3 heures, il est beaucoup plus rapide avec les feuilles minces de l'*Aspidistra*, et comme ici il n'y a pas sensiblement d'acides fixes, il est vraisemblablement dû à une rétention du gaz carbonique, empêché de sortir par l'imperméabilité relative des tissus tant que ceux-ci n'en sont pas sursaturés.

En résumé, notre théorie, entièrement basée sur l'observation rigoureuse des faits, n'infirme en rien les opinions plus anciennes, entre autres celles qui ont été formulées par de Vries, Purjewicz et M. Aubert, mais, par la considération de deux étapes successives dans la respiration normale et l'introduction d'un facteur nouveau, la solubilité du gaz carbonique dans le suc cellulaire, elle les étend, les complète et finalement les rend plus conformes à l'expérience, aussi bien en ce qui concerne la respiration qu'en ce qui touche à la fonction chlorophyllienne.

Remarquons, en terminant, que ces variations énormes du rapport $\frac{CO^2}{O}$, non encore reconnues avant nous, rendent matériellement impossible la mesure d'un quotient respiratoire ou d'un coefficient chlorophyllien moyen digne de confiance sur une plante charnue vivant de sa vie normale en été, époque à laquelle sa sensibilité aux conditions antérieures présente son maximum d'importance.

PATHOLOGIE. — *Nouvelle contribution à l'étude de la pathogénie de l'infection tuberculeuse.* Note de MM. **A. Calmette** et **C. Guérin**.

Nos recherches antérieures sur ce sujet, faisant suite à celles déjà anciennes de Chauveau (1888) et complétant celles plus récentes de von Behring, de Römer, de J. Bartel, etc., ont montré, de même que

Nocard l'avait établi pour la *morve*, le rôle prépondérant de la contamination par les voies digestives dans la pathogénie de la tuberculose en général et de la tuberculose pulmonaire en particulier. Mais plusieurs expérimentateurs (Flügge et ses élèves en Allemagne, Kuss, Chaussé en France), s'appuyant sur leurs expériences d'infection artificielle par inhalation, estiment encore que la voie pulmonaire a la plus grande importance comme porte d'entrée du virus et, considérant comme intangible la loi jadis énoncée par Conheim, pensent qu'il est toujours possible de reconnaître exactement, par les réactions ganglionnaires de voisinage, le lieu de l'organisme par lequel le microbe infectant a pénétré.

Les preuves citées par les deux partis adverses ont assurément le tort de s'appuyer sur des expériences d'ingestion ou d'inhalation artificielles (ingestion à la sonde, inhalation forcée ou par séjour dans une atmosphère chargée de germes tuberculeux) et ces conditions sont profondément différentes de celles qui réalisent l'*infection naturelle*.

En vue de mieux élucider la question, nous avons résolu de nous conformer strictement à ce qui se passe pour les bovidés dans une étable.

Nous avons aménagé à cet effet une étable d'infection de 100^{m^2}, à plafond bas, pourvue seulement de deux étroites fenêtres donnant parcimonieusement de l'air et de la lumière. Dans cette étable, cinq vaches de race flamande, adultes, porteuses de lésions tuberculeuses pulmonaires, ont été placées la tête faisant face au mur du fond. A 3^m en arrière, côte à côte et le long d'une barre de bois, ont été attachées dix génisses bretonnes âgées de dix mois, indemnes de tuberculose. La pente du sol étanche est disposée de telle sorte que l'urine émise par les vaches tuberculeuses s'écoule, après s'être souillée sur la litière de débris excrémentitiels, sous la rangée des animaux sains, projette des éclaboussures dans la mangeoire commune de ces derniers et souille leur litière.

Nous avons montré précédemment (¹) que les déjections des bovidés tuberculeux contiennent des bacilles inoculables aux cobayes. Nous avons vérifié que les excréments de chacune de nos cinq vaches tuberculeuses étaient infectants pour ces animaux. Toutefois, pour égaliser les chances d'infection, nous avons établi un roulement hebdomadaire des places pour nos cinq vaches contagieuses.

L'étable étant ainsi disposée et peuplée, l'expérience a duré 11 mois, puis les dix génisses bretonnes ont été soumises à l'épreuve de la tuberculine. Aucune n'a échappé à l'infection. Pour toutes, les réactions, mentionnées plus loin, ont été caractéristiques. Devant ce résultat, l'abatage des dix animaux fut décidé et, pour chaque animal, l'autopsie fut faite avec le plus grand soin, les prélèvements d'organes effectués aveo des instruments bouillis.

(¹) *Annales de l'Institut Pasteur*, septembre 1911.

Le Tableau ci-après résume nos observations. Le signe + indique la présence de lésions macroscopiques décelées.

Génisses n^{os}	Réaction à la tuberculine au 11e mois.	Lésions tuberculeuses. Ganglions mésentériques.	Ganglions du médiastin.	Ganglions bronchiques.	Ganglions rétro-pharyngiens.	Poumons.
85....	$2^{\circ},4$	+	+	+	+	+
86....	1,8	o	o	o	o	o
87....	3,0	+	+	o	+	+
88....	2,0	o	o	+	+	o
88....	1,6	o	o	o	o	o
90....	2,3	o	o	o	o	o
91....	1,4	o	+	o	o	+
92....	1,5	o	o	o	o	o
93....	1,6	o	o	o	o	o
94....	1,3	+	+	+	o	+

Chez *la moitié* de nos génisses (5 sur 10), après un séjour de 11 mois dans l'étable infectante, on trouvait donc des lésions visibles, tandis que les cinq autres n'en présentaient aucune, bien qu'ayant réagi d'une façon certaine à la tuberculine. Pour trois de ces dernières, les n°s 86, 89 et 90, 3 ganglions mésentériques, les ganglions du hile du foie, les médiastinaux, les bronchiques et les rétropharyngiens sont prélevés, triturés en totalité et inoculés séparément sous la peau de 4 cobayes : au total 20 cobayes pour chaque animal. 45 jours après, tous les cobayes, sans exception, sont trouvés tuberculeux à divers degrés.

Bien que cette expérience eût été conduite de telle sorte que l'infection naturelle n'ait pu très probablement s'être réalisée que par la voie intestinale, puisqu'à aucun moment les animaux indemnes n'ont été placés côte à côte avec les animaux tuberculeux, et qu'ils soient demeurés attachés à 1^m de distance environ en arrière de ceux-ci, elle ne préjuge en rien de la porte d'entrée du virus tuberculeux. Mais elle nous apporte la preuve que, *dans les conditions de la contagion naturelle, la tuberculose est d'abord une infection générale du système lymphatique, précédant d'assez loin l'apparition des lésions.* Il n'est pas douteux en effet que, si nous avions différé l'abatage de quelques mois, nous aurions trouvé à l'autopsie des 5 génisses qui, bien que réagissant à la tuberculine, ne présentaient aucune lésion macroscopiquement visible, des tubercules évoluant dans tel ou tel groupe ganglion-

naire, sans que la localisation de ces lésions permît d'ailleurs de préciser la porte d'entrée de l'infection.

Nous croyons démontrer par cette expérience que la *loi de Conheim* ou *loi des réactions lymphatiques*, constamment invoquée à l'appui des faits qui tendent à attribuer à l'infection par inhalation la prépondérance dans la contagion tuberculeuse, n'a plus à intervenir lorsqu'il s'agit d'infection naturelle, telle qu'elle se réalise dans les étables tuberculeuses.

Cette infection naturelle produit d'abord une maladie générale du système lymphatique, susceptible ultérieurement, mais non constamment, de se localiser, de créer des *tubercules* et de développer ainsi des lésions macroscopiquement visibles. Il apparaît donc que la pathogénie de la tuberculose présente manifestement l'analogie la plus étroite avec celle de la morve. Or l'origine intestinale de la morve pulmonaire n'est plus discutée.

CORRESPONDANCE.

M[me] **Ramart-Lucas** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

ASTRONOMIE. — *Distribution des étoiles doubles spectroscopiques sur la sphère céleste*. Note de M. **P. Stroobant**, présentée par M. Deslandres.

E. Zinner a montré récemment (¹) que les étoiles variables du type d'Algol présentaient une forte condensation vers la Voie lactée : 74 de ces étoiles se trouvent dans la zone galactique comprise entre $+30^\circ$ et -30° de latitude et 16 seulement dans les deux calottes polaires. Cette condensation est plus du double de celle qu'offre, d'après Seeliger, l'ensemble des étoiles de la *Durchmusterung*.

Les variables du type d'Algol ayant une grande analogie avec les étoiles doubles spectroscopiques, nous nous sommes proposé de rechercher si ces dernières présentaient une distribution analogue; ce point n'a pas été abordé par Schlesinger et Baker, Ludendorff et Campbell dans leurs études d'ensemble relatives à ces étoiles.

(¹) *Astronomische Nachrichten*, n° 4538.

En nous basant sur le *Second Catalogue of spectroscopic binary Stars*, publié en 1910 par Campbell et renfermant 306 étoiles de cette espèce, nous avons obtenu les résultats suivants, en divisant la sphère par des parallèles situés à 10°, 30°, 50° et 70° du grand cercle galactique :

Zone.	Étoiles doubles spectroscopiques. Nombre.	Densité.	Étoiles visibles à l'œil nu. Densité.
+90° à +70°	4	0,32	11,3
+70 à +50	24	0,67	12,2
+50 à +30	26	0,47	12,4
+30 à +10	56	0,83	14,5
+10 à −10	82	1,14	16,0
−10 à −30	79	1,17	15,4
−30 à −50	24	0,44	12,9
−50 à −70	8	0,22	12,4
−70 à −90	3	0,24	12,3

Les deux dernières colonnes donnent par 100° carrés le nombre d'étoiles doubles spectroscopiques et le nombre d'étoiles visibles à l'œil nu, d'après Houzeau; nous avons choisi ce terme de comparaison parce que les étoiles doubles spectroscopiques, sauf quelques variables, sont toutes comprises dans les six premières grandeurs.

La condensation des étoiles doubles spectroscopiques vers la Voie lactée devient très apparente si l'on compare le nombre de ces astres situés dans les aires égales fournies d'une part par la zone galactique comprise entre +30° et −30° et, d'autre part, par la somme des deux calottes polaires; la première en renferme 217 et les dernières un total de 89 seulement. Pour les étoiles visibles à l'œil nu, ces nombres sont respectivement 3154 et 2565 (1).

La cause de cette forte condensation peut être cherchée, soit dans l'orientation des plans des orbites des étoiles doubles spectroscopiques, soit dans la nature même de ces étoiles.

On conçoit que si les plans des orbites avaient une tendance à s'orienter parallèlement au plan galactique, la variation de vitesse radiale serait plus grande pour les couples situés dans le voisinage de la Voie lactée et, toutes choses égales d'ailleurs, l'oscillation des raies spectrales serait plus apparente. Les recherches tentées dans cette voie nous ont montré que la latitude galactique n'est pas en relation avec l'amplitude de la vitesse

(1) Houzeau, *Uranométrie générale*, p. 51.

radiale, pas plus d'ailleurs qu'avec les autres éléments de l'orbite : durée de révolution, projection du demi-grand axe de l'orbite sur la direction du rayon visuel, etc. Signalons aussi, en passant, qu'il en est de même des doubles spectroscopiques où l'on peut reconnaître l'existence de deux spectres : elles ne semblent pas présenter de distribution particulière relativement à la Voie lactée.

Si l'on groupe les 306 étoiles doubles spectroscopiques de Campbell, suivant leur type spectral, d'après la classification de Harvard, on trouve :

5	étoiles du type	O
108	»	B
73	»	A
41	»	F
38	»	G
38	»	K
3	»	M

On est frappé du grand nombre d'étoiles du type B, il y en a 35 pour 100, tandis que pour l'ensemble des étoiles il n'y a que 15 pour 100 d'étoiles à hélium.

Or, ce sont presque exclusivement ces dernières qui produisent, pour les étoiles visibles à l'œil nu, la condensation constatée vers la Voie lactée. D'après Pickering, sur 686 étoiles à hélium, 93 pour 100 se trouvent dans la zone galactique. Les étoiles des types I*a* et II*a* de Vogel (ou A, F, G, K de Harvard) sont, au contraire, répandues à peu près uniformément sur la sphère céleste (Mac Clean, Hagström, etc.). Celles du type III*a* (ou M de Harvard) présentent une certaine condensation vers la Voie lactée. Si l'on tient compte de ces facteurs on trouve qu'il y aurait 200 doubles spectroscopiques dans la zone galactique et 106 dans les deux calottes polaires, nombres peu différents de ceux trouvés plus haut (217 et 89). Ajoutons que les cinq étoiles du type O et les trois étoiles du type M se trouvent toutes dans la zone galactique. Les étoiles des autres types : A, F, G, K, ne présentent donc qu'une très faible condensation vers la Voie lactée et n'a rien d'anormal.

En résumé, les étoiles doubles spectroscopiques sont relativement beaucoup plus nombreuses dans la zone galactique que l'ensemble des étoiles de même éclat, et cette agglomération a pour cause la forte proportion d'étoiles à hélium parmi ces binaires.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Une propriété générale des lignes tracées sur une surface.* Note de M. **A. Demoulin**.

1. Envisageons une courbe quelconque (Γ) tracée sur une surface (S) et marquons, sur cette courbe, un point quelconque M. Soient C le centre de courbure de la section normale de (S), tangente à (Γ), et MP la normale de (Γ) tangente à la surface.

Si l'on connaît le plan osculateur ω de (Γ) en M, il résulte du théorème de Meusnier que l'axe a du cercle osculateur de (Γ) en M est la perpendiculaire à ω, issue de C. Cette droite coupe MP au centre de courbure géodésique G de (Γ). Nous nous proposons d'établir que la connaissance du plan ω entraîne aussi celle de la tangente en C à la ligne décrite par ce point lorsque M se déplace sur (Γ).

Le point C appartenant à la droite a, la tangente à la trajectoire de ce point est située dans le plan normal de (Γ); elle coupe dès lors la droite MP en un point que nous désignerons par A.

Soit (Σ) la sphère dont le centre est C et qui passe par le point M. Cette sphère coupe la surface (S) suivant une ligne admettant le point M comme point double; une des branches de cette courbe est tangente en M à (Γ); nous désignerons par G_s son centre de courbure géodésique en M. Cela posé, les quatre points M, A, G, G_s, qui appartiennent à la droite MP, satisfont à la relation

$$(\mathrm{F}) \qquad (\mathrm{A}, \mathrm{M}, \mathrm{G}_s, \mathrm{G}) = \frac{2}{3}.$$

Par suite, la tangente CA à la trajectoire du point C ne dépend que du plan osculateur de la courbe (Γ).

2. Pour pouvoir appliquer la formule (F) à la détermination du point A [1], il faut connaître le point G_s. La formule (F) elle-même va nous permettre de le déterminer. Envisageons la ligne géodésique (Γ_0), tangente à (Γ) au point M. Pour cette courbe, le point G est rejeté à l'infini et le point A occupe une position que nous désignerons par A_0. L'application de la formule (F) donne

$$\mathrm{MG}_s = 3\,\mathrm{MA}_0.$$

[1] Faisons observer que le point A est le centre de la sphère qui coupe orthogonalement la sphère (Σ) suivant sa caractéristique.

Tout revient à déterminer A_0. Or la droite CA_0 est perpendiculaire à la droite qui joint le point C au milieu du segment rectiligne dont les extrémités sont le point M et le centre de la sphère osculatrice de (Γ_0) en M.

On peut encore déterminer le point G_s comme il suit. Soient R_1, R_2 les rayons de courbure principaux de la surface (S) en M et s_1, s_2 les axes des lignes de courbure correspondantes. Désignons par θ l'angle que (Γ) fait avec la ligne de courbure relative à R_1. Le segment MG_s, mesuré sur la demi-droite qui fait avec cette ligne un angle égal à $\theta + \frac{\pi}{2}$, a pour expression

$$MG_1 = \frac{3\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)\sin\theta\cos\theta}{\frac{\partial \frac{1}{R_2}}{\partial s_1}\cos^3\theta + 3\frac{\partial \frac{1}{R_1}}{\partial s_2}\cos^2\theta\sin\theta + 3\frac{\partial \frac{1}{R_2}}{\partial s_1}\cos\theta\sin^2\theta + \frac{\partial \frac{1}{R_2}}{\partial s_2}\sin^3\theta}.$$

Au second membre, le numérateur est le triple de la torsion géodésique de (Γ) et le dénominateur est la dérivée de la courbure de la section normale tangente à (Γ) par rapport à l'arc de cette courbe. Il est aisé de rattacher cette formule à la première détermination du point G_s.

3. Supposons que (Γ) soit telle que le rayon de courbure de la section normale qui lui est tangente ait une valeur constante. Le segment MC étant constant et orthogonal à la surface, la trajectoire du point C est orthogonale à MC et le point A est rejeté à l'infini. La formule (F) donne dès lors

$$MG = \frac{2}{3} MG_s.$$

Si, en particulier, (Γ) est une asymptotique, la formule précédente se réduit à la relation bien connue, due à Beltrami, entre le rayon de courbure d'une asymptotique et celui de la section faite dans la surface par son plan osculateur.

La formule (F) peut donc être considérée comme une généralisation du théorème de Beltrami; nous y avons été conduit par l'emploi d'une figure de référence mobile formée de cinq sphères deux à deux orthogonales, méthodes que nous avons exposée et appliquée dans plusieurs Notes insérées dans les *Comptes rendus* en 1905, 1909 et 1910.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les surfaces irrégulières dont les genres satisfont à l'inégalité* $p_g \geqq 2(p_a + 2)$. Note de M. **A. Rosenblatt**, présentée par M. Émile Picard.

Dans deux travaux publiés récemment [1], j'ai poursuivi l'étude de certaines inégalités que j'avais eu l'honneur de communiquer à l'Académie. J'ai établi, notamment, l'inégalité toujours valable

$$(1) \qquad p_g \leqq \frac{8}{3} p_a + \frac{14}{3}.$$

M. Castelnuovo m'a fait remarquer que les inégalités qui permettent d'établir ce résultat peuvent aussi bien servir à limiter le genre π des courbes du faisceau irrationnel situé sur la surface, ainsi que le genre π' de ce faisceau. On trouve, en effet, l'inégalité

$$(2) \qquad (\pi - 3)(\pi' - 3) \leqq -\frac{5}{2}(p_g - 2p_a) + 12.$$

D'autre part, le genre π' du faisceau satisfait à l'inégalité

$$(3) \qquad \pi' \geqq \frac{p_g - 2p_a}{2}.$$

Il en résulte que les surfaces dont les genres satisfont à l'inégalité

$$(4) \qquad p_g \geqq 2(p_a + 2)$$

possèdent un faisceau de genre $\geqq p_g - p_a - 2 > p_a + 2$ de courbes de genre 2.

Si le genre de ce faisceau pouvait être inférieur à $p_g - p_a$, la surface posséderait, d'après les théorèmes généraux de M. Severi, $\infty^{p_g - p_a}$ systèmes linéaires *paracanoniques*, découpant des groupes de deux points sur les courbes du faisceau, systèmes qui seraient alors réductibles, composés d'une courbe isolée et de courbes du faisceau.

Comme la dimension effective de ces systèmes est, d'après M. Severi, au moins égale à p_a, les courbes paracanoniques sont composées d'au moins $2p_a$ courbes du faisceau et d'une courbe isolée de genre au moins égal

---

(1) *Sur certaines classes de surfaces algébriques irrégulières et sur les transformations birationnelles de ces surfaces en elles-mêmes* (*Bulletin de l'Académie des Sciences de Cracovie*, juillet 1912) et *Sur les surfaces algébriques irrégulières de genre linéaire* $p^{(1)} > 1$ (*Prace matematyczno-fizyczne*, Varsovie, t. XXIII, 1912).

à $2\pi' - 1$. En calculant leur genre virtuel, on parvient à un nombre plus grand que $p^{(1)}$.

Nous pouvons donc énoncer le résultat :

Les surfaces dont les genres satisfont à l'inégalité (3) *possèdent un faisceau de genre $p_g - p_a$ de courbes de genre* 2.

Soit alors $p_g = 2p_a + 4$. On prouve, par des considérations semblables aux précédentes, que si le genre du faisceau est moindre que $p_g - p_a$ et si les courbes du faisceau sont hyperelliptiques de genre 2, la surface possède un autre faisceau de genre 2 (le genre du premier faisceau étant $p_g - p_a - 2$) de courbes unisécantes par rapport aux courbes du premier faisceau.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Solution directe de l'équation séculaire et de quelques problèmes analogues transcendants.* Note de M. **Ch. Müntz**, présentée par M. Émile Picard.

1. Étant donnée une forme réelle quadratique

$$F = \sum_{i,k}^{1\ldots n} a_{ik} x_i x_k, \qquad a_{ik} = a_{ki},$$

il s'agit de trouver la transformation orthogonale ramenant cette forme à ses axes principaux. On a à résoudre le système linéaire

$$(1) \qquad \alpha_i = \lambda \sum_{k}^{1\ldots n} a_{ik} \alpha_k,$$

d'où l'équation, dite *séculaire*, pour les carrés réels λ des axes principaux. Les rapports des α_i obtenus du système (1) pour $\lambda = \lambda_p$, déterminent les cosinus directeurs de l'axe principal correspondant.

Menons par l'origine une droite fixe $l^{(1)}$, définie par

$$x_1 : x_2 : \ldots : x_n = l_1^{(1)} : l_2^{(1)} : \ldots : l_n^{(1)};$$

l'espace diamétral conjugué de cette droite aura pour perpendiculaire à

l'origine la droite $l^{(2)}$, définie par

$$x_1 : x_2 : \ldots : x_4 = l_1^{(2)} : l_2^{(2)} : \ldots : l_n^{(2)} = \sum_k^{1\ldots n} a_{1k} l_k^{(1)} : \sum_k^{1\ldots n} a_{2k} l_k^{(1)} : \ldots : \sum_k^{1\ldots n} a_{nk} l_k^{(1)},$$

les $l_i^{(2)}$ n'étant pas tous nuls.

En opérant sur $l^{(2)}$ comme sur $l^{(1)}$, on obtient une suite des directions

$$l^{(1)}, \quad l^{(2)}, \quad l^{(3)}, \quad \ldots, \quad l^{(\nu)}, \quad l^{(\nu+1)}, \quad \ldots,$$

attachées aux substitutions

$$(2) \qquad l_i^{(\nu+1)} = \sum_k^{1\ldots n} a_{ik} l_k^{(\nu)}.$$

a. Ces directions convergeront en général vers l'axe principal le plus petit en valeur absolue. — *b*. Si la direction choisie est perpendiculaire à quelques axes principaux, il y aura convergence vers l'axe le plus petit en valeur absolue des axes principaux restés. — *c*. La convergence devient *oscillatoire;* si deux valeurs des carrés λ les plus petits en valeur absolue des axes en question sont égales et à signes contraires; on obtiendra *deux* directions, dont les *bissectrices* donnent les axes principaux correspondants. — *d*. Dans le cas d'indétermination, on obtient une des solutions possibles.

2. Bornons-nous, pour plus de simplicité, au cas où tous les λ sont positifs, ce qui ne diminue pas la généralité du problème; on évite ainsi les complications analogues à l'énoncé du théorème *c*.

Au lieu d'une seule droite $l^{(1)}$, partons de $\mu\,(\leqq n)$ directions linéairement indépendantes. Les mêmes procédés donnent une suite d'espaces à μ dimensions, convergeant vers une position principale, qui contient μ axes principaux, en général les plus petits. En se servant des coordonnées à μ dimensions, généralisations des coordonnées linéaires de Plücker, on obtiendra ainsi la solution directe des équations séculaires, adjointes à la donnée, et dont les racines sont les produits à μ des racines de l'équation primitive.

On voit ainsi qu'il y aura maintes méthodes pour trouver tous les axes cherchés. Nous en donnons deux des plus simples.

e. Qu'on parte de n directions consécutives $l^{(\nu+1)}, l^{(\nu+2)}, \ldots, l^{(\nu+n)}$, obtenues d'une seule droite $l^{(1)}$; en orthogonalisant et en normant, d'après les notations connues de M. Schmidt, les déterminants $\| l_i^{(\nu+k)} \|$, on obtiendra, pour ν croissant indéfiniment, convergence vers les directions des axes principaux, en général toutes les n.

f. Qu'on prenne pour point de départ les n axes des coordonnées. On aura à orthogonaliser et à normer les déterminants

$$\mathcal{A}^{\nu} = \| a_{ik} \|^{\nu} = \| a_{ik}^{(\nu)} \|$$

pour ν croissant indéfiniment. On obtient ainsi toujours *tous* les axes principaux.

3. Si la forme donnée F est régulière, on peut regarder les substitutions *inverses* à (2); on est conduit à des résultats tout à fait analogues aux données pour les axes les plus *grands*.

On pourra aussi résoudre par les mêmes méthodes l'équation séculaire généralisée

$$\left\| a_{ik} - \frac{1}{\lambda} b_{ik} \right\| = 0, \qquad a_{ik} = a_{ki}, \quad b_{ik} = b_{ki}$$

si les racines λ sont toutes réelles, ce qui se fait, par exemple, si la forme

$$\mathcal{G} = \sum_{i,k}^{1,\ldots,n} b_{ik} x_i x_k$$

est définie. On aura seulement à remplacer les perpendiculaires par des droites polaires relativement à la forme $\mathcal{G}$, les perpendiculaires n'étant que des polaires relatives à la forme $\mathcal{E} = \sum^{1,\ldots,n} x_i^2$.

On pourra étendre les mêmes résultats aux formes d'Hermite et aux formes quadratiques totalement continues d'un nombre infini des variables. Mais les analogies les plus intéressantes se présenteront pour les équations intégrales.

4. Soit $K(s, t)$ un noyau réel symétrique continu, et $l^{(1)}(t)$ une fonction bornée intégrable pour $a \leqq s \leqq b$, $a \leqq t \leqq b$. Nous supposons seulement

$$\int_a^b K(s, t)\, l^{(1)}(t)\, dt \neq 0.$$

Formons la suite des fonctions $l^{(\nu)}$, $l^{(\nu+1)}$, ... par l'itération

$$l^{(\nu+1)}(s) = \int_a^b K(s, t)\, l^{(\nu)}(t)\, dt,$$

et normons ces fonctions. On aura des théorèmes tout à fait analogues à $a \ldots d$ du n° 1, relatifs à la solution de l'équation intégrale.

Supposons, pour plus de simplicité, tous les λ positifs

$$\varphi(s) = \lambda \int_a^b \mathrm{K}(s, t)\, \varphi(t)\, dt.$$

La suite des fonctions $l^{(\nu)}$, $l^{(\nu+1)}$, ... (*ad inf.*) orthogonalisées et normées tendra pour ν croissant indéfiniment vers la suite des fonctions caractéristiques φ_k, et, en général, vers toutes. Et l'on obtient toujours *toutes* ces fonctions si l'on part d'un système *fermé* des fonctions

$$x_1^{(1)}(t), \quad x_2^{(1)}(t), \quad \ldots, \quad x_\mu^{(1)}(t), \quad \ldots.$$

On peut supposer que l'on ait pour chaque μ

$$\int_a^b \mathrm{K}(s, t)\, x_\mu^{(1)}(t)\, dt \neq 0;$$

on aura à former les suites

$$x_1^{(\nu)}(t), \quad x_2^{(\nu)}(t), \quad \ldots, \quad x_\mu^{(\nu)}(t), \quad \ldots$$

par les itérations

$$x_\mu^{(\nu+1)}(t) = \int_a^b \mathrm{K}(s, t)\, x_\mu^{(\nu)}(t)\, dt,$$

et ces suites orthogonalisées et normées convergeront vers la suite

$$\varphi_{k_1}(t), \quad \varphi_{k_2}(t), \quad \ldots, \quad \varphi_{k_\mu}(t), \quad \ldots.$$

En général, les fonctions φ seront alors ordonnées naturellement, selon les valeurs grandissantes des (λ) correspondants.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *La convergence sur son cercle de convergence d'une série de puissance effectuant une représentation conforme du cercle sur le plan simple.* Note de M. **Léopold Fejér**, présentée par M. Émile Picard.

1. Soit

$$\sum_{\nu=0}^{\infty} u_\nu \tag{1}$$

une série sommable par le *procédé de la moyenne arithmétique*.

M. Hardy a démontré que la série sommable (1) est *convergente* lorsque $|\nu u_\nu|$ reste inférieure à un nombre positif fixe A pour chaque valeur de

l'indice ν. M. Landau a généralisé ce théorème, en démontrant la convergence de la série sommable (1) sous la condition $\nu u_\nu > -A$ pour chaque valeur de l'indice ν ([1]).

Voici un nouveau *critère de convergence pour la série sommable* (1) :

THÉORÈME I. — *Si la série*

$$(1) \qquad \sum_{\nu=0}^{\infty} u_\nu$$

est sommable par le procédé de la moyenne arithmétique, et si la série

$$(2) \qquad \sum_{\nu=1}^{\infty} \nu \, | u_\nu |^2$$

est convergente, alors la série (1) *est convergente* ([2]).

Démonstration. — Soit $\sum_{\nu=0}^{n} u_\nu = s_n$. Alors

$$S_n = \frac{s_0 + s_1 + \ldots + s_n}{n+1} = \frac{(n+1) u_0 + n u_1 + \ldots + u_n}{n+1} = s_n - \frac{u_1 + 2 u_2 + \ldots + n u_n}{n+1}.$$

Il suffit donc de démontrer que la convergence de la série (2) entraîne

$$(3) \qquad \lim_{n=\infty} \frac{\sum_{\nu=1}^{n} \nu \, | u_\nu |}{n} = 0.$$

Soit ε un nombre positif quelconque et p un entier positif fixe, tel que $\sum_{\nu=p+1}^{n} \nu |u_\nu|^2 < \varepsilon^2$ pour chaque n plus grand que p. Alors on obtient, en

---

([1]) Voir CH. DE LA VALLÉE-POUSSIN, *Cours d'Analyse infinitésimale*, 2e édition, t. II, 1912, p. 157.

([2]) La condition (2) elle-même n'entraîne pas la convergence de la série (1). Prenons, en effet, $u_\nu = \frac{1}{\nu \log \nu}$. Alors $\Sigma \nu \, | u_\nu |^2 = \sum \frac{1}{\nu (\log \nu)^2}$ est convergente, tandis que $\Sigma u_\nu = \sum \frac{1}{\nu \log \nu}$ est divergente. En prenant $| u_\nu | = \frac{1}{n^3}$ pour $\nu = n^4$, et $u_\nu = 0$ pour les autres valeurs de l'indice ν, la série $\Sigma \nu \, | u_\nu |^2$ devient convergente, mais la condition de M. Hardy, ou celle de M. Landau, n'est pas remplie.

appliquant l'inégalité de M. Schwarz,

$$\sum_{\nu=p+1}^{n} \nu |u_\nu| = \sum_{\nu=p+1}^{n} \sqrt{\nu}\sqrt{\nu}|u_\nu| \leqq \sqrt{\left(\sum_{\nu=p+1}^{n} \nu\right) \sum_{\nu=p+1}^{n} \nu |u_\nu|^2}$$

$$< \sqrt{\left(\sum_{\nu=1}^{n} \nu\right) \varepsilon^2} = \sqrt{\frac{n(n+1)}{2}}\varepsilon \leqq n\varepsilon.$$

Donc

$$\frac{\sum_{\nu=1}^{n} \nu |u_\nu|}{n} = \frac{\sum_{\nu=1}^{p} \nu |u_\nu|}{n} + \frac{\sum_{\nu=p+1}^{n} \nu |u_\nu|}{n} \leqq \frac{\sum_{\nu=1}^{n} \nu |u_\nu|}{n} + \varepsilon,$$

et, par suite,

$$\frac{\sum_{\nu=1}^{n} \nu |u_\nu|}{n} < 2\varepsilon$$

si n est suffisamment grand.

2. Je veux donner une application du théorème I. Soit

$$(4) \qquad f(z) = w = u + iv = \sum_{\nu=0}^{\infty} a_\nu z^\nu$$

une série de puissance quelconque de la variable complexe $z = x + yi$, convergente pour $|z| < 1$. Alors on a la relation connue

$$(5) \qquad \iint_{(C_r)} |f'(z)|^2 \, dx\, dy = \iint_{(C_r)} \left\{ \left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)^2 \right\} dx\, dy = \pi \sum_{\nu=1} \nu |a_\nu|^2 r^{2\nu},$$

où $0 \leqq r < 1$, et l'intégration est étendue au domaine (C_r) du cercle de rayon r, ayant son centre dans l'origine.

Considérons le cas intéressant où $f(z)$ est *continue pour* $|z| \leqq 1$, et $w = f(z)$ donne une représentation conforme du cercle $|z| < 1$ sur un domaine du *plan simple* de la fonction w [c'est-à-dire où $f(z_1) \neq f(z_2)$, en désignant par z_1 et z_2 deux points quelconques différents à l'intérieur du cercle de rayon 1]. Alors

$$\iint_{(C_r)} |f'(z)|^2 \, dx\, dy$$

donne *l'aire* T_r de l'image du cercle (C_r) sur le plan w. Mais T_r reste, dans ce cas, nécessairement fini, lorsque r tend vers 1. Donc, en vertu de (5),

$\sum_{\nu=1}^{\infty} \nu |a_\nu|^2$ est convergente. Mais $\sum_{\nu=0}^{\infty} a_\nu z^\nu$ est, d'après mon théorème sur la série de Fourier, uniformément sommable pour $|z| = 1$. Donc, en vertu du théorème I, nous obtenons le

THÉORÈME II. — *Soit* $f(z) = \sum_{\nu=0}^{\infty} a_\nu z^\nu$ *une série de puissances de la variable complexe* z, *qui est convergente pour* $|z| < 1$. *Soit cette somme* $f(z)$, *définie pour* $|z| < 1$, *continue pour* $|z| \leqq 1$. *Supposons* (¹) *de plus que la fonction* $f(z)$ *effectue une représentation conforme du cercle* $|z| < 1$ *sur un domaine du plan simple de la fonction* $f(z)$. *Alors la série* $\sum_{\nu=0}^{\infty} a_\nu z^\nu$ *est uniformément convergente pour* $|z| = 1$. (*C'est-à-dire elle est uniformément convergente pour* $|z| \leqq 1$.)

Dans une Communication plus étendue, je m'occuperai du cas où $f(z)$ satisfait seulement à la condition $|f(z)| <$ const. pour $|z| < 1$ (sans être continue pour $|z| \leqq 1$) et livre une représentation sur le plan simple du cercle $|z| < 1$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une classe de transcendantes ayant un théorème de multiplication.* Note de M. **Georges Giraud**, présentée par M. Émile Picard.

1. Considérons les équations fonctionnelles

$$(1) \quad \begin{cases} f_i(a_1 x_1, a_2 x_2, \ldots, a_n x_n) \\ \quad = R_i[f_1(x_1, x_2, \ldots, x_n), f_2(x_1, x_2, \ldots, x_n), \ldots, f_n(x_1, x_2, \ldots, x_n)] \quad (i = 1, 2, \ldots, n), \end{cases}$$

où $R_1, R_2, \ldots, R_n$ sont des fonctions rationnelles de $f_1, f_2, \ldots, f_n$, nulles pour $f_1 = f_2 = \ldots = f_n = 0$; les fonctions inconnues $f_1, f_2, \ldots, f_n$ doivent être holomorphes pour $x_1, x_2, \ldots, x_n$ assez petits, et nulles pour

(¹) Si cette supposition sur la représentation conforme n'est pas remplie, la série $\sum_{\nu=0}^{\infty} a_\nu z^\nu$ pourra être *divergente* pour des points partout denses sur le cercle $|z| = 1$; voir l'exemple de mon travail dans les *Münchner Sitzungsberichte*, 1910.

$x_1 = x_2 = \ldots = x_n = 0$ [1]. Dans le cas particulier où la transformation $(x_1, x_2, \ldots, x_n; R_1, R_2, \ldots, R_n)$, que nous désignerons par C, est birationnelle, les coefficients a_i étant tous supérieurs à *un* en valeur absolue, on a un moyen de reconnaître si les équations

$$f_i(x_1, x_2, \ldots, x_n) = A_i \qquad (i = 1, 2, \ldots, n), \tag{2}$$

en $x_1, x_2, \ldots, x_n$, sont compatibles : en désignant par $A_i C^{-p}$ ce que devient A_i quand on applique à $A_1, A_2, \ldots, A_n$ la substitution C^{-p}, il faut et il suffit pour cela que $A_1 C^{-p}, A_2 C^{-p}, \ldots, A_n C^{-p}$ tendent vers zéro quand p augmente indéfiniment [2].

2. Je me propose de faire voir qu'il y a une infinité de points $A_1, A_2, \ldots, A_n$ ne remplissant pas cette condition. J'étudierai ensuite comment se comportent, au voisinage d'un de ces points, les fonctions $x_1, x_2, \ldots, x_n$ de $A_1, A_2, \ldots, A_n$ définies par (2).

Si $A_1, A_2, \ldots, A_n$ est tel que le point $A_1 C^{-p}, A_2 C^{-p}, \ldots, A_n C^{-p}$ soit indéterminé, nous le considérerons comme faisant partie d'une courbe analytique (algébrique dans ce qui suivra), pour tous les points de laquelle cette indétermination n'existe pas ; nous transformerons cette courbe par C^{-p} et $A_1 C^{-p}, A_2 C^{-p}, \ldots, A_n C^{-p}$ seront les limites des transformées des coordonnées des points voisins. Les points $A_1, A_2, \ldots, A_n$ peuvent être à l'infini ; $x_1, x_2, \ldots, x_n$ sont toujours finis, sans cela le moyen précédent serait mauvais.

On reconnaît aisément qu'en dehors de certaines courbes algébriques exceptionnelles, toute courbe algébrique a pour transformées par les puissances de C^{-1} des courbes algébriques déterminées, et non des points ou des courbes indéterminées sur des variétés algébriques à au moins deux paramètres. Soit Γ une de ces courbes non exceptionnelles.

Soit ρ le rayon d'une sphère S de centre l'origine, dans l'espace à $2n$ dimensions, telle que le transformé par C^{-1} de tout point intérieur à cette sphère soit intérieur à cette sphère. Soit Σ une variété algébrique à $n-1$ paramètres complexes tout entière extérieure à S.

---

[1] Ces équations fonctionnelles ont été étudiées d'abord par M. Poincaré, dans le cas où tous les a_i sont égaux (*Journal de Mathématiques*, 4e série, t. VI, 1890). En appliquant la méthode des approximations successives, M. Picard s'est occupé des mêmes équations quand les a_i sont distincts (*Bulletin de la Société mathématique*, t. XXVIII, 1900, et *Comptes rendus*, 4 juillet 1904).

[2] H. Poincaré, *loc. cit.*, p. 339.

La transformée de Γ par C^{-p} étant une courbe algébrique a au moins un point commun avec Σ; donc, sur Γ, il y a un point M_p dont le transformé par C^{-p} est à une distance supérieure à ρ de l'origine. Les points M_p de Γ ont un point d'accumulation M sur Γ. Quel que soit p, le transformé de M par C^{-p} est extérieur à S; car, s'il lui était intérieur pour $p = p_0$, il en serait de même pour les points de Γ suffisamment voisins de M; par suite, les points M_p d'indice p assez grand auraient leurs transformés par C^{-p} intérieurs à S, ce qui n'est pas. Donc, sur Γ, il y a au moins un point M dont les transformés par C^{-p} ne tendent pas vers l'origine quand p croît indéfiniment.

3. Considérons un de ces points M de Γ, tel qu'il y ait aussi près de lui qu'on veut des points de Γ dont les transformés par C^{-p} tendent vers l'origine. Soient $P_1, P_2, \ldots, P_m, \ldots$ de tels points de Γ se rapprochant indéfiniment de M; si M n'est pas un point d'indétermination pour les puissances assez élevées de C^{-1}, on peut ne pas supposer que $P_1, P_2, \ldots, P_m, \ldots$ appartiennent à Γ. Soit $p(m)$ le plus petit nombre entier tel que le transformé par $C^{-p(m)}$ de P_m soit intérieur à S. On voit aisément que $p(m)$ augmente indéfiniment avec m. Mais, pour les points $A_1, A_2, \ldots, A_n$ de S, $|x_1|^2 + |x_2|^2 + \ldots + |x_n|^2$ reste supérieur à un nombre positif δ^2; on en conclut que, pour P_m, $|x_1|^2 + |x_2|^2 + \ldots + |x_n|^2$ est supérieur à $\delta^2 c^{2p(m)-2}$, c étant le plus petit des modules des a_i; or, c étant plus grand que *un*, cela prouve que $|x_1|^2 + |x_2|^2 + \ldots + |x_n|^2$ augmente indéfiniment quand P tend vers M de la façon indiquée. Donc, au voisinage d'un point frontière de leur domaine d'existence, une au moins des fonctions $x_1, x_2, \ldots, x_n$ de $A_1, A_2, \ldots, A_n$ augmente indéfiniment (sauf la restriction indiquée quand le point frontière est point d'indétermination de C^{-p} pour certaines valeurs de p).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations linéaires aux différences finies.* Note de M. **Nörlund**, présentée par M. P. Appell.

Considérons une équation aux différences finies de la forme

$$(1) \qquad \Sigma P_i(x)\, u(x+i) = 0 \qquad (i = 0, 1, 2, \ldots, n),$$

les coefficients $P_i(x)$ étant des polynomes en x. Soit p le degré de $P_0(x)$ et de $P_n(x)$; supposons les degrés des autres coefficients $\leq p$. Soit C_i le

coefficient de x^p dans $P_i(x)$. Formons l'équation caractéristique

$$\Sigma C_i z^i = 0 \qquad (i = 0, 1, 2, \ldots, n)$$

et désignons par $a_1, a_2, \ldots, a_n$ les racines de cette équation. On peut trouver un système fondamental de solutions de l'équation (1) qui se représentent sous la forme

$$u(x) = \int t^{x-1} v(t)\, dt, \tag{2}$$

où $v(t)$ est une solution d'une équation différentielle linéaire d'ordre p. Cette équation admet pour points singuliers les points $0, \infty, a_1, a_2, \ldots, a_n$. Supposons, pour abréger, que ce sont des points singuliers réguliers. Prenons, pour ligne d'intégration, un lacet partant de l'origine et y revenant après avoir entouré le point a_s; soit $v(t)$ une des solutions non holomorphes au voisinage de a_s de l'équation différentielle.

Dans une Note précédente [1] j'ai étudié une classe d'équations qui rentrent comme cas particulier dans l'équation (1) et j'ai formé des développements en séries de facultés pour les solutions de ces équations. Si, dans le cas actuel, on forme des séries de facultés de la même manière, c'est-à-dire en intégrant terme par terme dans (2), on obtient des développements divergents qui satisfont formellement à l'équation (1) et représentent asymptotiquement les solutions. Pour obtenir des développements convergents il faut appliquer à l'intégrale (2) une certaine transformation qui joue un rôle capital dans les recherches de M. Mittag-Leffler [2] sur l'intégrale de Laplace-Abel. Soit ω un nombre positif qu'il faut choisir plus grand qu'une certaine constante; on trouve une solution de la forme

$$u_s(x) = a_s^x \left(\frac{1}{x}\right)^{\beta+1} \left[\varphi_0(x) + \varphi_1(x) \log\left(\frac{1}{x}\right) + \ldots + \varphi_m(x) \log^m\left(\frac{1}{x}\right)\right], \tag{3}$$

où $\varphi_0(x), \ldots, \varphi_m(x)$ sont des fonctions qui se représentent par des séries de facultés de la forme

$$\varphi_i(x) = A_0 + \sum_{\nu=0}^{\nu=\infty} \frac{A_{\nu+1}}{x(x+\omega)\ldots(x+\nu\omega)}.$$

Soit $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_p$ les zéros de $P_0(x)$ et soit $R(\alpha_1) \geqq R(\alpha_2) \geqq R(\alpha_3) \geqq \ldots$; ces séries sont absolument convergentes pourvu que $R(x - \alpha_1) > 0$, $R(x) > 0$.

---

(1) *Comptes rendus*, 23 décembre 1912.
(2) *Acta mathematica*, t. XXIX.

On trouve un système fondamental de solutions $u_1(x), u_2(x), \ldots, u_n(x)$ de cette forme qui sont des fonctions méromorphes n'admettant d'autres points singuliers à distance finie que les pôles $\alpha_i - s$ ($i = 1, 2, \ldots, p$; $s = 0, 1, 2, \ldots$). En prenant pour ligne d'intégration un lacet partant de l'infini et y revenant après avoir entouré un des points a_s, on trouve un second système fondamental de solutions $\bar{u}_1(x), \bar{u}_2(x), \ldots, \bar{u}_n(x)$ qui se représentent par des développements analogues.

Pour la singularité à l'infini, les développements (3) montrent qu'on a uniformément

$$(4) \qquad \lim_{x=\infty} \frac{u_s(x)}{a_s^x \left(\frac{1}{x}\right)^{\beta+1} \log^r\left(\frac{1}{x}\right)} = k, \qquad \frac{\pi}{2} \geqq \operatorname{Arg}(x) \geqq -\frac{\pi}{2},$$

$$(5) \qquad \lim_{x=\infty} \frac{\bar{u}_s(x)}{a^s \left(\frac{1}{x}\right)^{\beta+1} \log^r\left(\frac{1}{x}\right)} = k, \qquad -\frac{\pi}{2} \geqq \operatorname{Arg}(x) \geqq -\frac{3\pi}{2},$$

r étant un entier non négatif, et k une constante différente de zéro.

Pour voir comment se comportent les solutions quand x sort de l'un ou l'autre de ces angles, il suffit de former les relations linéaires qui existent entre les $u_s(x)$ et les $\bar{u}_s(x)$. La formation de ces relations est le point capital de notre étude. Elles jouent dans la théorie des équations linéaires aux différences finies le même rôle que jouent *les groupes des équations différentielles linéaires* pour ces équations. Supposons que les racines de l'équation caractéristique aient été numérotées de sorte que

$$0 \leqq \operatorname{Arg} a_1 \leqq \operatorname{Arg} a_2 \leqq \ldots \leqq \operatorname{Arg} a_n < 2\pi.$$

Soit a_j une racine d'ordre de multiplicité r ($a_i = a_{i+1} = \ldots = a_j = a_{i+r-1}$). A l'aide des propriétés analytiques déjà énoncées de nos solutions, on établit aisément l'existence d'un système de relations de la forme

$$u_j(x) = \bar{u}_j(x) + \sum_{\nu=i}^{\nu=n} \pi_{j,\nu}(x)\,\bar{u}_\nu(x) + e^{2\pi i x} \sum_{\nu=1}^{\nu=i-1} \pi_{j,\nu}(x)\,\bar{u}_\nu(x) \qquad (j = 1, 2, \ldots, n),$$

$$\pi_{j,\nu}(x) = \sum_{s=1}^{s=p} \left[\frac{A_{j,s}^{(\nu)}}{e^{2\pi i (x-\alpha_s)} - 1} + \frac{B_{j,s}^{(\nu)}}{(e^{2\pi i (x-\alpha_s)} - 1)^2} + \ldots + \frac{M_{j,s}^{(\nu)}}{(e^{2\pi i (x-\alpha_s)} - 1)^{m_s}} \right];$$

m_s est égal au nombre de racines de $P_0(x)$ différant de α_s par un entier et non supérieures à α_s, chaque racine comptée avec son ordre de multiplicité. A, B, ..., M sont des constantes qui s'expriment à l'aide des résidus

$u_j(x)$ aux points α_s et des multiplicateurs de l'équation aux différences. *Ces relations combinées avec les égalités* (4) *et* (5) *montrent comment se comportent asymptotiquement nos solutions quand x tend vers l'infini d'une manière quelconque.*

CINÉMATIQUE. — *Construction des centres de courbure et des plans principaux de l'enveloppe d'une surface solidaire d'un cylindre qui roule sans glisser sur un autre.* Note de M. **G. Kœnigs**.

1. Antérieurement ([1]), j'ai résolu le problème général de la construction des éléments de courbure (centres et plans principaux) de la surface F′, enveloppée par une surface F, au cours d'un mouvement quelconque de celle-ci.

Le problème actuel est un cas particulier du précédent. Mais la généralité même du premier problème et la complexité inhérente devaient faire souhaiter de savoir si, dans certains cas particuliers, des simplifications importantes ne se réalisent pas.

Le cas du mouvement cylindrique offre cet intérêt spécial que c'est à son occasion qu'a été édifiée la théorie classique des profils conjugués plans et de leurs relations de courbure, et qu'il y a lieu de se demander si quelque chose de la vieille théorie classique se retrouve encore dans le problème tout nouveau, que j'ai posé et résolu, de la courbure des surfaces.

Or, en effet, ce qu'il y a de saillant à retenir dans le résultat de mes recherches actuelles, c'est que, ici encore, les cylindres roulants interviennent uniquement par la même fonction de leurs courbures $\frac{1}{K}=\frac{1}{R'}-\frac{1}{R}$, qui interviennent déjà dans l'équation d'Euler.

2. Je rappellerai d'abord, en les appropriant au cas présent, les éléments géométriques introduits dans mes travaux antérieurs.

J'appelle M un point où la surface F touche son enveloppe F′; a la normale en ce point, qui coupe en O l'axe d de la rotation tangente; d est aussi la génératrice actuelle de contact des deux cylindres roulants. Soit encore Π le plan mené par a normalement au plan (d, a); ce plan Π est le lieu des vitesses d'entraînement de tous les points de a. Il y a sur a une

([1]) *Comptes rendus*, Séances des 2 mai et 20 novembre 1911. Voir aussi *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 6e série, t. VIII, 1912, p. 103.

corrélation homographique G (correspondance homographique entre les points de a et les plans menés par a) définie par la triple condition que O et Π y sont deux éléments homologues, ainsi que C_1 et Π_1, C_2 et Π_2, où Π_1 et Π_2 sont les plans principaux de F et C_1, C_2 les centres de courbure correspondants. On désigne par A et Ω le point central et le plan central de G. On fait choix sur a d'un sens de parcours et de même sur a_1, normale en A à a dans le plan Ω et sur a_2, normale en A à ce même plan. Le trièdre des axes a, a_1, a_2 est direct.

Dans le plan (a_1, a_2), normal en A à a, se trouve la vitesse d'entraînement $\overrightarrow{AV}$ de A, tandis que l'axe d se projette sur ce plan (a_1, a_2) suivant une droite AU perpendiculaire à AV. Il en résulte que la droite AW (voir ma Note du 2 mai 1911) qui est conjuguée harmonique de a_2 par rapport aux droites AU, AV, est ici la symétrique de a_2 par rapport à ces deux droites.

Nous désignerons par l la mesure du vecteur $\overrightarrow{OA}$ sur l'axe a, par θ l'angle de a avec l'axe Oz (dirigé suivant d) et par φ l'angle avec l'axe Ox (tangent en O aux sections droites des cylindres) de la projection de a sur le plan xOy, normal à d en O; enfin i sera l'angle direct dont il faut faire tourner AV autour de a pour lui faire prendre la position a_1.

3. Ceci posé, il résulte d'une proposition déjà établie par moi que les centres de courbure principaux C'_1, C'_2 de F′ sont les homologues dans la corrélation G, des plans principaux Π'_1, Π'_2 correspondants, en sorte que tout revient à trouver le dièdre droit de ces plans principaux.

Or suivant une remarque déjà faite antérieurement, on peut, sans rien modifier aux courbures, substituer aux surfaces F, F′ un couple de surfaces parallèles et, entre autres, un couple F_0, F'_0 de surfaces faisant leur contact précisément au point A.

Ces surfaces F_0, F'_0 offrent la particularité que a_2 est pour elles une tangente asymptotique commune, tandis que si l'on appelle AD, AD′, leurs secondes tangentes asymptotiques, ψ, ψ' les angles de AD, AD′ avec AW, on a entre ψ, ψ' l'équation

$$\operatorname{cotg}\psi' - \operatorname{cotg}\psi = \Psi$$

où Ψ est une fonction dont j'ai donné déjà l'expression générale (Note du 2 mai 1911).

La connaissance de F entraîne celle des tangentes asymptotiques de F_0

et, en particulier, de AD; la formule précédente fait alors connaître AD′ et les plans cherchés Π'_1, Π'_2 bissectent l'angle de a_2 avec AD′.

Or ici l'expression Ψ a une forme particulièrement simple. On a en effet

$$\Psi = \left(\frac{1}{R'} - \frac{1}{R}\right) \frac{l \sin\theta}{\sin\varphi \sin 2i}.$$

Comme nous l'avions annoncé, elle met uniquement en jeu la fonction des courbures qui se présente déjà à propos de l'équation d'Euler.

CHONOMÉTRIE. — *Recherches expérimentales sur le spiral cylindrique double.* Note de M. **Jules Andrade.**

I. Dans une Note précédente (août 1911), j'ai montré que la méthode inaugurée par Pierre Le Roy, pour obtenir l'isochronisme des vibrations d'un balancier armé d'un spiral cylindrique dépourvu de courbes terminales, pouvait être complétée de manière à conserver la loi sinusoïdale de la vibration.

Il suffit en effet, de *dédoubler* le spiral cylindrique de Le Roy tout en conservant sur chacun des spiraux identiques associés une même étendue angulaire égale à un même nombre entier k de quarts de tours; si $k = 11$ la force du ressort est pendulaire à $\frac{1}{330000}$ près. Cette méthode qui, comme celle de Le Roy, ne tient pas compte du frottement avant la poursuite des approximations successives, laisse arbitraire la situation relative des deux spiraux associés.

Dans ces conditions il m'a paru intéressant de demander à l'expérience la fixation de la meilleure disposition de l'ensemble des deux spiraux; on peut prévoir, en effet, qu'il existe une disposition *optima* à l'égard des résistances passives; l'expérience a vérifié cette prévision.

II. La semi-amplitude de régime des chronomètres marins étant généralement comprise entre $\frac{2}{8}$ et $\frac{3}{8}$ de tour, je me suis proposé d'observer l'extinction des vibrations d'un balancier armé de mon spiral double et abandonné à lui-même à partir d'une semi-amplitude initiale de $\frac{1}{4}$ de tour; l'axe du balancier est placé vertical; je mesure alors la durée du mouvement qui va s'éteindre sous l'action des résistances passives, résistances dont la portion variable provient du frottement latéral des pivots dans leurs pierres sous la pression de chaque spiral sur sa virole.

III. L'écart initial de 90° au démarrage est vérifié à la loupe; le démarrage s'obtient en ouvrant un ciseau dont les grandes branches s'appuient par deux ressorts sur deux points diamétralement opposés du balancier. L'arrêt du mouvement s'observe au microscope.

Mon collaborateur M. Ernest Jaccard a réalisé ce dispositif en le complétant par un plateau mobile qui porte le piton du spiral inférieur et glisse à frottement dur sur la plaque concentrique au centre de laquelle est sertie la pierre inférieure du pivot du balancier.

Le sens de l'enroulement ascendant des deux spiraux étant dirigé de droite à gauche, nous placerons l'index du piton du spiral inférieur dans les positions suivantes qui se succèdent dans une rotation inverse de la précédente, savoir :

A ou zéro se confond avec la projection du piton du spiral supérieur;

B à 90°; C à 180°; D à 270°;

J à 135°; K à 157°30'; L à 202°30'; M à 225°.

Les deux spiraux de Le Roy ont chacun leur virole placée à angle droit par rapport à leur piton correspondant et une aiguille portée par le balancier se meut sur un cadran divisé; elle est à la division 0° du cadran, projetée elle aussi en A quand le spiral mobile, comme le spiral fixe, est à son point mort.

Entre les températures de 11° et 15° ont été relevées des durées (T_A, T_B, ..., etc.) de chaque mouvement depuis le démarrage jusqu'à l'extinction de ce mouvement.

Le Tableau suivant rapporte des observations des T entre 13° et 15° :

$$T_A = 3^m\,24^s \qquad T_B = 4^m\,17^s$$

$$T_C = \begin{cases} 4\;58 \\ 5\;\;8 \\ 5\;16 \end{cases} \qquad T_D = \begin{cases} 3\;55 \\ 3\;58 \\ 4\;\;1 \end{cases}$$

$$T_J = \begin{cases} 4\;30 \\ 4\;32 \\ 4\;34 \\ 4\;42 \end{cases} \qquad T_M = \begin{cases} 4\;32 \\ 4\;36 \\ 4\;38 \\ 4\;42 \end{cases}$$

$$T_K = \begin{cases} 5\;17 \\ 5\;18 \\ 5\;24 \end{cases} \qquad T_L = \begin{cases} 4\;58 \\ 4\;59 \\ 5 \\ 5\;\;6 \end{cases}$$

La région optima paraît donc bien être la région KCL, et plus particulièrement *peut-être*, la région KC vers K, c'est-à-dire pour la position du piton inférieur qui serait voisine de la division 157°30'.

IV. Les variations de température dans ces expériences constituent ici deux influences de complexités très différentes; *l'influence régulière* pro-

vient de l'accroissement dû moment d'inertie du balancier rigide, qui tend à atténuer les résistances passives ; *l'influence complexe* provient de l'huile aux pivots, dont la résistance visqueuse dans les observations précédentes diminue quand la température augmente ; mais cette dernière influence est surtout irrégulière quand, dans le laboratoire chauffé au matin, on vient à découvrir la cuvette en verre qui abrite le système étudié ; les observations de l'après-midi sont plus régulières.

V. Néanmoins les expériences précédentes paraissent nettement mettre en évidence la loi suivante :

La disposition relative des deux moitiés du spiral double qui, à l'égard des résistances passives, réalise la disposition optima, est voisine de celle pour laquelle les deux viroles des deux spiraux cylindriques associés ont même projection sur un plan perpendiculaire à l'axe du balancier.

VI. Parmi les positions observées qui, dans la région optima, se succèdent par $\frac{1}{16}$ de tour, il y aurait encore lieu de déplacer le spiral *inférieur*, par rapport à la position ci-dessus définie, de $\frac{1}{16}$ de tour dans le sens de *l'enroulement ascendant* commun aux deux spiraux.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'écoulement des fluides pesants.* Note de M. **Henri Villat**, présentée par M. Émile Picard.

Je me propose, dans cette Note, d'indiquer ce qu'on pourrait appeler l'intégrale générale du mouvement permanent irrotationnel d'un fluide *pesant*, dans le cas de deux dimensions. Les considérations qui suivent s'appliquent, soit à une cascade de liquide pesant s'écoulant d'un déversoir, soit à un jet liquide s'écoulant par un orifice ouvert dans une paroi solide; soit à un jet liquide rencontrant un obstacle solide qui peut, ou non, diviser le jet en deux jets partiels, et en général à tout problème d'écoulement pour lequel le domaine occupé par le fluide mobile peut être représenté, par exemple sur un cercle, de telle manière que les images de l'ensemble des parois solides, d'une part, et les images de toutes les lignes libres du jet, d'autre part, ne divisent la circonférence-frontière qu'en deux arcs distincts.

Soit xOy le plan dans lequel se meut le fluide, la pesanteur agissant parallèlement à Oy, dans le sens négatif. Au sein du fluide, il y a, par hypothèse, un potentiel pour les vitesses, et les conditions aux limites qu'on doit

écrire doivent exprimer : 1° que les lignes libres du jet et les parois bordant le jet sont des lignes de courant ; 2° que, sur les lignes libres, la pression est constante, c'est-à-dire, en vertu des équations générales de l'Hydrodynamique,

$$V^2 + 2gy = \text{const.},$$

V étant la vitesse au point (x, y) du bord.

Cela étant, je démontre que le problème sera complètement résolu par des quadratures, dès qu'on aura déterminé, dans un plan auxiliaire $Z = X + iY$, une fonction analytique $\omega(Z) = \theta + i\tau$, régulière dans la bande horizontale comprise entre les droites $Y = 0$, $Y = \pi$, et vérifiant, sur la frontière supérieure $Y = \pi$, une condition de la forme

$$A(X)\frac{d\tau}{dX}e^{3\tau} + g\sin\theta = 0, \tag{1}$$

$A(X)$ désigne ici une fonction connue de X : par exemple, pour le cas de l'écoulement par déversoir, on peut prendre

$$A(X) = \frac{1}{1 - \frac{e^X}{\sqrt{2}}}.$$

Appelons $iF(X)$ la valeur (inconnue) de la partie imaginaire $i\tau$ de ω en un point d'abscisse X, de la frontière $Y = \pi$; la fonction $F(X)$ est d'ailleurs celle qui détermine l'état des vitesses du fluide sur les lignes libres. Appelons de même $G(X)$ la valeur (également inconnue) de la partie réelle θ de ω, en un point de la frontière $Y = 0$; la fonction $G(X)$ est celle dont dépend la forme des parois solides. On peut alors parvenir à la fonction cherchée $\omega(Z)$ par les observations suivantes :

La fonction de Z

$$\frac{i}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} G(\alpha)\frac{\operatorname{ch}\frac{Z+\alpha}{2}}{\operatorname{sh}\frac{Z-\alpha}{2}}\frac{d\alpha}{\operatorname{ch}\alpha}$$

a sa partie réelle égale à $G(X)$ ou à zéro, sur les frontières, inférieure et supérieure, respectivement. Pour $Z = \beta + i\pi$, sa partie imaginaire est $iH(\beta)$.

La fonction

$$\frac{i}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty}\frac{d\beta}{\operatorname{ch}\frac{Z-\beta}{2}}\left[F(\beta) - \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty}\frac{\operatorname{sh}\frac{\beta+\alpha}{2}}{\operatorname{ch}\frac{\beta-\alpha}{2}}\frac{G(\alpha)}{\operatorname{ch}\alpha}d\alpha\right]$$

a sa partie réelle nulle sur OX, et sa partie imaginaire égale à

$$i[F(\beta)-H(\beta)]$$

pour $Z=\beta+i\pi$. Donc la fonction

$$(2)\qquad \omega(Z)=\frac{i}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty}G(\alpha)\frac{\operatorname{ch}\frac{Z+\alpha}{2}}{\operatorname{sh}\frac{Z-\alpha}{2}}\frac{d\alpha}{\operatorname{ch}\alpha}$$
$$+\frac{i}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty}\frac{d\beta}{\operatorname{ch}\frac{Z-\beta}{2}}\left[F(\beta)-\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty}\frac{\operatorname{sh}\frac{\beta+\alpha}{2}}{\operatorname{ch}\frac{\beta-\alpha}{2}}\frac{G(\alpha)}{\operatorname{ch}\alpha}d\alpha\right]$$

a sa partie réelle égale à $G(\alpha)$ pour $Z=\alpha$, et sa partie imaginaire égale à $iF(\beta)$ pour $Z=\beta+i\pi$. Elle est, de plus, régulière dans la bande considérée du plan Z. Ce sera la fonction cherchée si la relation (1) est satisfaite sur la frontière supérieure. Mais sur cette frontière, le coefficient de i est $F(\beta)$, et, d'autre part, on peut mettre la partie réelle sous la forme

$$\theta=-\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty}\frac{F(\gamma)-F(\beta)}{\operatorname{sh}\frac{\gamma-\beta}{2}}d\gamma+\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty}\frac{G(\gamma)}{\operatorname{ch}\frac{\beta-\gamma}{2}}d\gamma.$$

Transportant dans (1), on obtient la relation qui lie les deux fonctions F et G. Cette relation, compliquée par rapport à F, se présente au contraire, relativement à G, comme une équation de Fredholm de *première espèce* de la forme

$$(3)\qquad \int_{-\infty}^{+\infty}\frac{G(\gamma)}{\operatorname{ch}\frac{\beta-\gamma}{2}}d\gamma=\mathcal{F}(\beta).$$

Mais c'est une équation *singulière* à laquelle ne s'appliquent pas les méthodes classiques de M. Picard.

Or on peut démontrer :

1° *Qu'une équation intégrale de la forme* (3) *ne peut admettre pour* G *plus d'une solution ;*

2° *Que la solution de cette équation est*

$$(4)\qquad G(X)=\frac{1}{4\pi}[\mathcal{F}(X+i\pi)+\mathcal{F}(X-i\pi)].$$

Il en résulte la marche suivante pour la résolution du problème posé :

On se donnera une fonction arbitraire F (X) satisfaisant toutefois à la condition d'inégalité

$$\left|\frac{A(X)}{g} e^{3F(X)} F'(X)\right| \leqq 1$$

pour X réel; on calculera alors G par la formule (4), puis $\omega(Z)$ au moyen de (2). Il ne restera plus ensuite que des quadratures à effectuer pour obtenir tous les éléments du mouvement correspondant.

La fonction arbitraire qui subsiste ainsi dans les équations est F. Bien que les équations obtenues se présentent sous une forme assez compliquée, on peut cependant en tirer parti pour la formation d'exemples précis.

Indiquons en terminant que si le problème d'Hydrodynamique à résoudre présente un caractère géométrique de périodicité, on peut simplifier notablement la méthode et les résultats ci-dessus, et remplacer notamment l'équation (3) par une équation de Fredholm de première espèce, non singulière, à laquelle s'appliquent les théorèmes de M. Picard, et qu'on peut du reste intégrer en termes finis.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'équilibre d'un gaz en état de dissociation binaire.* Note (1) de M. **J. de Boissoudy.**

I. Soient x le degré de dissociation d'un gaz (peroxyde d'azote, vapeur d'acide acétique, d'acide formique, etc.) partiellement dissocié en deux constituants identiques, et v le volume qui en contient une molécule-gramme. Nous avons $pv = (1 + x)\,RT$, en admettant que sous ses deux états le gaz soit assimilable à un gaz parfait. La loi de l'action des masses donne d'autre part

$$\frac{x^2}{v(1-x)} = A,$$

A étant une fonction de la température seule; et par suite

$$\frac{\partial x}{\partial T} = \frac{v}{A}\frac{\partial x}{\partial v}\frac{dA}{dT}.$$

Supposons que le volume du gaz augmente de dv à température constante, le travail interne correspondant à cette variation de volume est,

(1) Reçue dans la séance du 23 décembre 1912.

d'après le principe de Carnot,

$$d\varpi = \left(\frac{T\,\partial p}{\partial T} - p\right) dv = \frac{RT^2}{v}\,\frac{\partial x}{\partial T}\,dv = \frac{RT^2}{A}\,\frac{\partial x}{\partial v}\,\frac{dA}{dT}\,dv.$$

Ce travail a aussi pour expression

$$d\varpi = U\,\frac{\partial x}{\partial v}\,dv,$$

en appelant U l'énergie absorbée par la dissociation d'une molécule-gramme à la température T. Nous avons donc

$$d\,\mathrm{Log}\,A = \frac{U}{RT^2}\,dT,$$

qui est l'équation générale de Van 't Hoff. Dans cette équation U peut être déterminé théoriquement (toujours dans l'hypothèse ci-dessus) d'après

$$\frac{dU}{dT} = 2\,C_1 - C_2,$$

où C_1 et C_2 désignent les chaleurs moléculaires à volume constant du gaz simple (AzO^2, $C^2H^4O^2$, ...) et du gaz binaire (Az^2O^4, $C^4H^8O^4$, ...), celles-ci étant supposées déterminées sous un volume assez grand dans le premier cas, assez petit dans le second, pour que la composition du gaz puisse être considérée comme sensiblement invariable. Elles se réduisent dans ces conditions aux deux valeurs théoriques $\frac{nR}{2}$, $\frac{n'R}{2}$, n et n' représentant les nombres de degrés de liberté des molécules simple et binaire, et en particulier à la valeur 3R si l'on admet six degrés de liberté pour chaque espèce de molécules. La relation précédente devient alors

$$\frac{dU}{dT} = 3R \qquad \text{ou} \qquad U = 3RT + \chi.$$

Ceci revient à dire que l'énergie dépensée pour dissocier une molécule-gramme du gaz binaire s'emploie d'une part à séparer les N molécules, Az^2O^4 par exemple, en leurs constituants AzO^2, ce qui nécessite pour chacune d'elles une dépense d'énergie constante $\frac{\chi}{N}$, d'autre part à fournir aux N molécules nouvelles une énergie cinétique moyenne égale à 3RT. Nous avons donc par intégration

$$\mathrm{Log}\,A = 3\,\mathrm{Log}\,T - \frac{\chi}{RT} + \text{const}.$$

ou

$$\frac{x^2}{v(1-x)} = \mathrm{MT}^3 e^{-\frac{\chi}{\mathrm{RT}}}$$

M étant un coefficient constant.

II. Cette dernière équation peut être obtenue directement au moyen de l'hypothèse que nous avons proposée dans une Note précédente au sujet de l'association et de la dissociation des molécules gazeuses. Nous avons admis que deux molécules de même espèce s'attirant l'une l'autre restent accolées après le choc lorsqu'elles se rencontrent avec une vitesse de translation inférieure à ε, ε ne dépendant que de leur nature; on peut ajouter: et lorsque leur vitesse relative de rotation est également plus petite qu'une certaine vitesse η, les rotations étant représentées par leur vecteur (les molécules ou atomes composants perdent en effet dans une molécule complexe la plus grande partie de leur énergie propre).

Si les vitesses de rotation obéissent à la loi d'irrégularité de Maxwell, on voit facilement que le nombre moyen de molécules, situées en un point quelconque d'une masse gazeuse, qui satisfont à cette double condition par rapport à une molécule donnée m, est proportionnel à $\frac{1}{\mathrm{T}^3}$ $\left(\text{chacune des conditions précédentes introduisant le facteur } \frac{1}{\mathrm{T}^{\frac{3}{2}}}\right)$. Comme ces molécules sont réparties au hasard dans le volume v, la probabilité pour que la sphère d'action de l'une d'elles comprenne à un instant quelconque le centre de m, c'est-à-dire pour qu'il y ait choc et association avec m est inversement proportionnelle à v. Si la masse gazeuse contient $2x$ molécules simples, il se formera donc en une seconde un nombre de molécules binaires proportionnel à $\frac{4x^2}{v\mathrm{T}^3}$.

Nous avons admis d'autre part que chacune des associations ainsi formées se dissociait spontanément lorsque sa vitesse de rotation autour d'un axe perpendiculaire à la ligne des centres OO′ de ses deux molécules composantes devenait supérieure à une certaine vitesse ω. Soit θ le temps moyen au bout duquel la vitesse de rotation de la molécule binaire subit un changement brusque, par exemple le temps moyen au bout duquel elle subit un choc (si les rotations sont déterminées par les chocs); la probabilité pour que son nouveau vecteur de rotation projeté sur un plan perpendiculaire à OO′ soit supérieur à ω est $e^{-\frac{\omega^2}{\Omega^2}}$, où Ω^2 désigne le carré de la vitesse de rotation la

plus fréquente, c'est-à-dire les $\frac{2}{3}$ du carré de la vitesse moyenne quadratique. Comme le gaz contient $1-x$ molécules binaires et que chacune d'elles change de vitesse en moyenne $\frac{1}{\theta}$ fois par seconde, il s'en dissociera en une seconde un nombre égal à

$$\frac{1}{\theta}(1-x)e^{-\frac{\omega^2}{\Omega^2}}.$$

Ceci suppose encore que les vitesses de rotation obéissent à la loi de Maxwell, ce qui ne peut avoir lieu que si le moment d'inertie de la molécule relativement à un axe quelconque a une valeur constante. Cette condition n'est certainemement pas remplie; mais on obtiendra le même résultat en substituant aux vitesses de rotation les énergies de rotation, qui peuvent être considérées dans le cas général comme également réparties dans toutes les orientations par rapport au centre.

Le rapport $\frac{\omega^2}{\Omega^2}$ est le quotient de la force vive de rotation minima qui produit la dissociation de la molécule binaire, et qui n'est autre que l'énergie $\frac{\chi}{N}$ nécessaire pour séparer ses deux molécules, par les $\frac{2}{3}$ de sa force vive moyenne de rotation, c'est-à-dire par $\frac{2}{3}\alpha T$. Nous avons donc

$$\frac{\omega^2}{\Omega^2} = \frac{\chi}{N \times \frac{2}{3}\alpha T} = \frac{\chi}{RT}$$

et l'équation d'équilibre peut s'écrire, en appelant k un coefficient constant,

$$\frac{x^2}{v T^3} = \frac{k}{\theta}(1-x)e^{-\frac{\chi}{RT}}$$

ou

$$\frac{x^2}{v(1-x)} = \frac{k}{\theta} T^3 e^{-\frac{\chi}{RT}}.$$

Elle se confond avec l'équation trouvée précédemment si θ est lui-même constant. Or θ varierait proportionnellement au volume si les rotations étaient déterminées par les chocs. La vitesse de dissociation dépendrait elle aussi du volume ou de la concentration, ce qui est contraire à l'expérience.

Nous sommes donc conduits à regarder la durée θ comme caractéristique de chaque substance et la rotation moléculaire comme conséquence du rayonnement lumineux.

PHYSIQUE. — *La loi de Guldberg et les états correspondants.* Note de M. A. **Leduc**, présentée par M. Amagat.

Dans une Note récente, M. Boutaric ([1]) applique la loi statistique de Guldberg, d'après laquelle les températures d'ébullition sous la pression normale des divers liquides seraient *correspondantes*. Il conduit, en outre, son calcul relatif aux densités de liquides à leur point d'ébullition normal comme si elles étaient correspondantes. L'auteur sait bien qu'il n'en est pas exactement ainsi, puisque les pressions ne sont pas correspondantes; mais il estime que cela est sans importance, les diverses lois qu'il invoque n'étant qu'approximatives.

Quoi qu'il en soit, il est facile d'éviter l'erreur qui en résulte, si petite soit-elle, en amendant la loi de Guldberg, conformément à l'idée d'états correspondants.

Le nouvel énoncé devient : *les températures d'ébullition sous des pressions réduites égales sont correspondantes.*

Pour juger de la valeur de cette loi, j'ai calculé les températures réduites d'ébullition d'un certain nombre de corps sous la pression réduite $\frac{1}{76}$ (c'est-à-dire autant de centimètres de mercure qu'il y a d'atmosphères dans la température critique).

Dans le Tableau ci-dessous les corps sont rangés dans l'ordre des températures critiques croissantes.

	$\frac{T}{\Theta}$.		$\frac{T}{\Theta}$.
Azote	0,54	Anhydride sulfureux	0,61
Oxyde de carbone	0,55	Chlorure d'éthyle	0,61
Oxygène	0,56	Oxyde d'éthyle	0,61
Méthane	0,54	Alcool méthylique	0,66
Éthylène	0,56	» éthylique	0,67
Anhydride carbonique	0,63	» propylique	0,67
Oxyde azoteux	0,58	Sulfure de carbone	0,58
Acide chlorhydrique	0,59	Benzine	0,60
Acide sulfhydrique	0,55	Eau	0,63
Chlorure de méthyle	0,59		

On voit que les alcools se placent à part et n'obéissent pas à la loi de Van der Waals; mais il est difficile d'affirmer qu'il en soit de même pour

([1]) Boutaric, t. XXV, novembre 1912.

l'eau et l'anhydride carbonique. Quant aux autres corps, la marche à peu près systématique des quotients $\frac{T}{\Theta}$ peut bien être due à l'insuffisance de nos connaissances relatives à T et Θ. On peut admettre provisoirement comme moyenne 0,6.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'emploi de résistances de chrome métallique granulaire pour le chauffage électrique.* Note de M. O. **Dony-Henault**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

La présente Note a pour but de faire connaître une méthode nouvelle de chauffage électrique permettant d'éviter l'usage dispendieux du platine dans les fours à résistance métallique et d'atteindre des températures plus élevées qu'à l'aide de ce métal précieux.

Le chrome est, en effet, moins fusible que le platine et très peu altérable; tandis que ce dernier ne peut être échauffé sans danger au delà de 1600°, le chrome paraît pouvoir fournir des températures voisines de 2000°, mais l'absence de malléabilité et de ductilité de ce métal, qui rend impossible l'emploi de lames ou de fils, en a fait rejeter l'emploi.

Il paraît cependant souhaitable qu'à côté des fours à arc engendrant plus de 3000°, les laboratoires possèdent des fourneaux à résistance métallique, peu coûteux, fonctionnant avec un empérage modéré et pouvant être chauffés directement à des températures inférieures ou supérieures à 2000°; l'étude approfondie des réactions endothermiques des fours électriques serait facilitée par ce fait.

Dans ce but, nous nous sommes proposé d'utiliser, comme substances chauffantes des fours à résistance métallique, *les poudres granuleuses des métaux réfractaires :* chrome, molybdène, tungstène; les essais préliminaires que nous résumons ici ont porté sur l'emploi du chrome, aluminiothermique, concassé, pulvérisé au broyeur à boulets, débarrassé de fer par l'aimant, puis trié au tamis; nous espérons revenir bientôt sur l'emploi des autres métaux réfractaires.

On sait que si l'on veut faire passer un courant appréciable à l'aide d'une force électromotrice modérée à travers une masse de grains métalliques, il faut comprimer la poudre; celle-ci obéit à la loi d'Ohm à partir d'une pression minimum dépendant de la nature et de la grosseur des grains. Mais l'emploi de la pression pour frayer au courant son chemin à travers le métal

ne serait pas pratique dans le cas d'enceintes chauffantes de formes variées. On peut s'en affranchir par plusieurs moyens :

a. Les expériences, aujourd'hui classiques, d'Ed. Branly [1] sur lesquelles est fondé l'usage des *cohéreurs granulaires* en télégraphie sans fil, enseignent que la conductivité d'amas pulvérulents peut être amorcée par l'action à distance des étincelles ou décharges électriques.

b. Si l'on saupoudre d'une couverture fine de graphite Acheson un lit de chrome métallique divisé et qu'on applique aux extrémités de la couche deux électrodes attachées à une source de 110 volts ou plus, le courant s'établit brusquement après quelques instants dans la masse métallique; l'amorçage est peut-être dû à l'échauffement.

c. En effet, si un tube de quartz, garni de limaille de chrome, interposée entre deux charbons, est inséré dans un circuit de 110-220 volts, l'ampèremètre sensible reste au zéro, mais si l'on chauffe modérément la paroi siliceuse à l'aide d'un brûleur Bunsen, un courant intense s'établit brusquement après de cours instants. Cet amorçage thermique des radioconducteurs paraît digne d'être étudié et capable de contribuer à éclairer la théorie de la « radioconduction » dont Branly et Lodge se sont préoccupés [2].

Laissant de côté tout détail sur les particularités de nos expériences, auxquelles nous consacrerons à une autre place un exposé plus complet, nous esquissons sommairement la manière dont on peut pratiquer le chauffage à l'aide de poudres conductrices.

1° *Chauffage d'un creuset* (de quartz par exemple). — Dans un bloc réfractaire de magnésie, on creuse une alvéole ayant la forme du creuset; on y place celui-ci en ménageant un espace régulier de 2-4^{mm} entre les deux parois, puis on comble le vide à l'aide d'un filet de chrome pulvérulent.

On dépose finalement à la surface de celui-ci un anneau de graphite et l'on enfonce dans le métal, aux extrémités opposées d'un diamètre du creuset, deux balais de charbon. Un creuset de 100$^{cm^3}$ peut être chauffé ainsi très efficacement avec 15 ampères, jusqu'au point de ramollissement du verre de quartz. La tension aux bornes du courant est de 8-10 volts, mais la conduction ne s'établit pas si l'on ne dispose pas d'un excès de tension; jusqu'ici nous avons opéré sous 110 volts : nous n'avons pas encore déterminé le supplément minimum de tension nécessaire.

2° *Fours à tubes*. — On verse, entre un manchon réfractaire pourvu d'une cavité cylindrique et un tube de quartz opalin ou encore entre deux tubes de quartz concentriques de diamètres différents, le tube externe étant à son tour placé dans un bloc

---

(1) Ed. Branly, *Les radioconducteurs* (*Congrès international de Physique*, t. II, 1900, p. 236; *Comptes rendus*, t. 111, 1890, p. 785; *Lumière électrique*, 16 mai 1891).

(2) Branly, *Mémoire cité du Congrès*, 1900, p. 236.

calorifuge, une couche de grenaille de chrome qu'on emprisonne entre deux anneaux de charbon servant d'électrodes. Un four de 50^{cm} de long et d'un diamètre utile de 28^{mm} a été ainsi chauffé au blanc avec une force électromotrice de 15 à 50 volts aux bornes du tube.

3° On peut aussi construire un four tubulaire à espace annulaire en plaçant dans l'axe du tube ou d'une cavité cylindrique un tube de quartz assez étroit rempli de grenaille de chrome insérée entre charbons; les pertes calorifiques sont encore plus faibles, la chaleur centrale étant transmise à peu près intégralement à l'espace périphérique. Le tube chauffant est soutenu par deux bouchons réfractaires; cette disposition paraît convenir pour l'étude des réactions au sein des gaz.

Nous nous en sommes tenu jusqu'ici aux enceintes de quartz opalin qui perdent leur rigidité au voisinage de 1700° et nous proposons d'étudier l'emploi d'*alundum* et d'autres enveloppes moins fusibles, magnésie, chaux, etc. Il paraît, en effet, possible, en appliquant à des parois infusibles le chauffage par métaux réfractaires divisés (molybdène, point de fusion $> 2500°$, tungstène 2900°) de réaliser un chauffage économique intensif jusqu'à des températures très élevées. La nature métallique des résistances permettant d'atteindre ces températures élevées, avec un voltage modéré, le principe que nous signalons ici semble à première vue plus avantageux que celui des fours à cryptol dont la masse granuleuse est plus altérable.

PHYSICO-CHIMIE. — *Sur les débuts de la photolyse de l'alcool éthylique, de l'aldéhyde éthylique et de l'acide acétique.* Note de MM. **Daniel Berthelot** et **Henry Gaudechon**, présentée par M. E. Jungfleisch.

Les grands groupements fonctionnels oxygénés (alcool, aldéhyde, acide) sont tous trois attaqués par les rayons ultraviolets avec dégagements gazeux caractéristiques, comme nous l'avons montré il y a plus de deux ans, mais, parmi eux, le groupement aldéhyde qui forme la transition entre les deux autres est non seulement le plus sensible à la lumière, mais encore celui qui donne lieu aux réactions les plus variées. C'est ainsi que nous avons observé sur l'aldéhyde éthylique : 1° décomposition gazeuse en oxyde de carbone et méthane ; 2° polymérisation et consécutivement dégagement gazeux de carbures condensés tels que l'éthane ; 3° formation de produits résineux insolubles dans l'eau ; 4° acidification par combustion interne et transformation de l'aldéhyde en acide acétique pur. La première réaction se produit dans l'ultraviolet initial $\lambda > 0^{\mu},3$; les trois autres exigent l'ultraviolet moyen et extrême.

Nos expériences ont été faites comme d'habitude à l'abri de l'air, en tubes de verre ou de quartz, sur des cuves à mercure.

Ultraviolet initial et moyen. — A 10^{mm} d'une lampe à mercure, derrière une *lamelle de verre mince arrêtant les radiations à* $0^{\mu},25$, l'*alcool éthylique* n'a subi en 38 heures d'exposition aucune modification apparente; le produit n'est devenu ni réducteur ni acide; il n'y a pas eu le moindre dégagement gazeux; l'*acide acétique*, en 7 heures, n'a donné non plus ni dégagement gazeux, ni modification sensible.

Mêmes résultats négatifs sur les deux corps précédents après 8 heures d'exposition à 10^{mm} de la lampe dans des tubes à essais en *verre uviol*, qui laisse passer l'ultraviolet un peu au-dessous de $0^{\mu},25$.

Au contraire, l'*aldéhyde éthylique* (bouillant à 21°), placée dans un tube à essais en *verre ordinaire* de $0^{mm},7$ d'épaisseur, qui ne laisse passer que les radiations supérieures à $0^{\mu},30$, subit une décomposition gazeuse facile et rapide. On notera que l'irradiation, dans les expériences suivantes, s'exerçait sur le corps en vapeur. En 4 heures d'exposition à 1^{mm} d'une lampe en régime peu poussé (Westinghouse 220 volts, au régime de 3,5 ampères et 55 volts aux bornes), $0^{cm^3},20$ de liquide ont donné $11^{cm^3},50$ de gaz (0,56 CO; 0,43 CH^4; 0,01 C^2H^6).

Derrière une lamelle de *mica* qui, d'après nos mesures spectrographiques, arrêtait l'ultraviolet au-dessous de $0^{\mu},289$, nous avons obtenu sensiblement la même teneur (0,58 CO; 0,42 CH^4).

Enfin, dans un tube à essais en *verre uviol*, $0^{cm^3},80$ d'*aldéhyde*, à 15^{mm} de la lampe en régime faible, ont dégagé en 25 minutes $0^{cm^3},81$ de gaz (0,57 CO; 0,43 CH^4). Dans tous les cas, les liquides sont restés neutres.

La décomposition photolytique de l'aldéhyde éthylique commence donc dans l'ultraviolet initial et se fait comme la décomposition pyrogénée



(1) $$CH^3.COH = CH^4 + CO,$$

c'est-à-dire d'une manière analogue à celle que nous avons trouvée pour l'aldéhyde méthylique (*Comptes rendus*, t. 150, p. 1690)



(2) $$H.COH = H^2 + CO.$$

On remarquera que dans les expériences relatées plus haut on n'a pas volumes égaux de CO et CH^4 comme l'exigerait l'équation (1), mais qu'il y a déficit de CH^4 par rapport à CO et parfois apparition de C^2H^6. La cause doit en être cherchée dans deux actions secondaires : d'abord la con-

densation de l'aldéhyde éthylique en paraldéhyde (bouillant à 124°) et autres polymères, qui, très prononcée dans l'ultraviolet moyen et extrême, commence déjà à se produire ici, bien que faiblement, surtout si l'expérience est prolongée, et ensuite la photolyse gazeuse de la paraldéhyde, qui diffère de celle de l'aldéhyde parce qu'en raison de sa condensation moléculaire plus élevée, elle donne, outre l'oxyde de carbone, de l'éthane au lieu de méthane (cf. l'analyse donnée *Comptes rendus*, t. 151, p. 479, qui se rapporte à la paraldéhyde). D'ailleurs une partie de C^2H^6 ainsi formé peut rester dissous dans l'aldéhyde où nous avons vérifié qu'il est soluble, tandis que CH^4 ne s'y dissout pas.

Cette interprétation est confirmée par le fait qu'en répétant l'expérience précédente dans le verre uviol, mais avec une quantité d'aldéhyde éthylique ($0^{cm^3},10$) assez faible pour se vaporiser totalement et en prolongeant l'irradiation (4 heures), on recueille $3^{cm^3},21$ de gaz, formé de 0,58 CO; 0,36 CH^4; 0,06 C^2H^6. La proportion de C^2H^6 est donc bien augmentée.

Ultraviolet moyen et extrême. — *Lampe à mercure sans écran; liquides en tubes de quartz mince :* l'alcool et l'acide acétique sont décomposés.

La photolyse de l'*alcool éthylique* consiste fondamentalement en dégagement de gaz hydrogène et formation d'aldéhyde éthylique, comme nous l'avons déjà indiqué (*Comptes rendus*, t. 153, p. 383). Les gaz accessoires CO et C^2H^6 qui apparaissent à petite dose proviennent de la décomposition d'une partie de l'aldéhyde qui s'est formée et presque aussitôt polymérisée; leur proportion augmente quand la longueur d'onde diminue.

On se rapproche du stade théorique initial avec une lampe peu poussée : lampe Westinghouse de 220 volts au régime de 3,5 ampères sous 56 volts; tube à 30^{mm} de distance; $t = 50°$. 1^{cm^3} d'alcool dégage 92 pour 100 d'hydrogène, et seulement 8 pour 100 d'oxyde de carbone; dans cette expérience les faibles doses de carbures d'hydrogène formés sont restées dissoutes dans l'excès d'alcool. Avec une lampe Heraeus de 110 volts, en régime normal et $0^{cm^3},20$ d'alcool, l'hydrogène descend à 80 pour 100; CO monte à 13 pour 100, et C^2H^6 à 7 pour 100; en régime poussé, H^2 descend à 65 pour 100, CO s'élève à 20 pour 100 et C^2H^6 à 15 pour 100.

L'*acide acétique* soumis à l'action d'une lampe Heraeus de 110 volts en régime normal (2,2 ampères et 70 volts aux bornes) se décompose également. A 8^{mm} de distance, en 5 heures, $0^{cm^3},20$ donnent $2^{cm^3},70$ de gaz (0,44 CO^2; 0,17 CO; 0,39 de gaz combustibles). Cette teneur est voisine de celle trouvée antérieurement (*Comptes rendus*, t. 151, p. 478).

Dans les mêmes conditions d'irradiation, $0^{cm^3},20$ d'*aldéhyde éthylique* ont donné en 3 heures, à 15^{mm}, $6^{cm^3},36$ de gaz (0,55 CO ; 0,42 CH^4 ; 0,03 C^2H^6).

Influence de l'eau. — En général la photolyse des solutions aqueuses donne les mêmes produits que celle des corps purs; mais parfois, comme pour l'acétone, il se superpose à la réaction essentielle une réaction d'hydratation différente. Tel ne paraît pas être le cas ici.

Des solutions formées de 4^{cm^3} d'eau et 1^{cm^3} du liquide organique ont été exposées 4 heures à 20^{mm} d'une lampe Heraeus 110 volts (2,4 ampères et 62 volts aux bornes). L'*alcool éthylique* a dégagé $0^{cm^3},40$ de gaz (0,85 H^2 ; 0,13 CO ; 0,02 CO^2). La réaction est ralentie, mais ne diffère pas essentiellement de celle qui a lieu avec le corps pur ; l'eau favorise seulement l'acidification. L'*aldéhyde éthylique* a dégagé $2^{cm^3},95$ de gaz (0,52 CO ; 0,46 CH^4 ; 0,02 CO^2); même remarque générale que pour l'alcool ; ici l'eau paraît favoriser l'acidification et gêner la polymérisation. L'*acide acétique* a dégagé $2^{cm^3},70$ de gaz formé d'environ 40 pour 100 de CO^2 et 60 pour 100 de gaz combustibles : teneur voisine de celle trouvée pour le corps pur.

En somme des trois corps étudiés, alcool éthylique, aldéhyde et acide, l'aldéhyde est le seul qui soit déjà attaqué par la lumière solaire ($\lambda > 0^{\mu},3$); l'alcool et l'acide exigent des radiations de plus courte longueur d'onde, Cette constatation est intéressante pour la physiologie végétale : d'une façon générale, les monoalcools et les monoacides végétaux représentent des formes chimiques relativement inertes vis-à-vis des radiations solaires ; les aldéhydes, au contraire, en raison de leurs faciles métamorphoses, sont appelées à jouer un rôle plus actif pour l'élaboration des principes végétaux dans les parties des plantes, telles que les feuilles, exposées à la lumière.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la basicité des tungsto-acides.* Note [1] de M. **H. Copaux**, présentée par M. Haller.

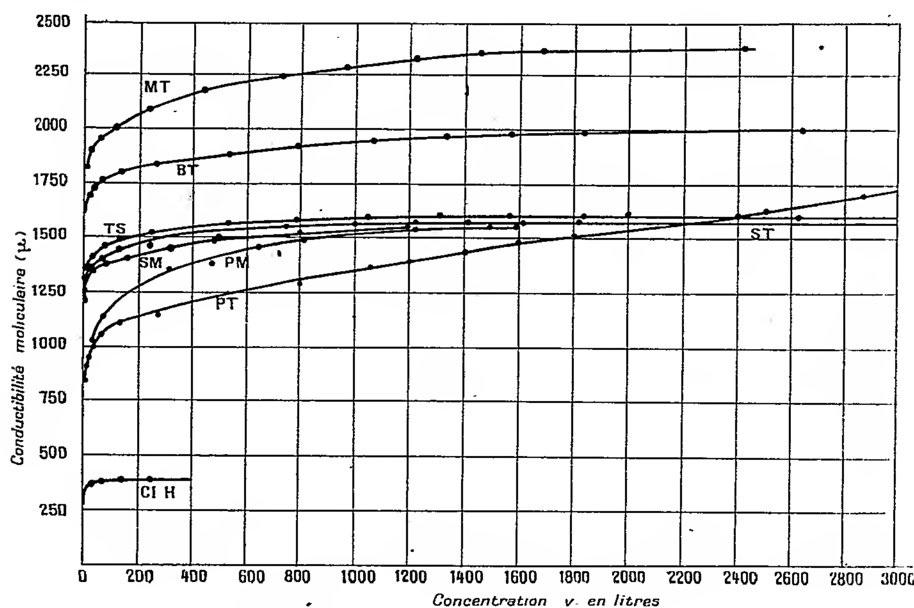
Un corps tel que l'acide phosphotungstique n'est, malgré sa complication apparente, qu'une forme de l'acide phosphorique, où l'oxygène est remplacé par des radicaux tungstiques; c'est ce qui me permet de désigner tous les corps analogues sous le terme abrégé de tungsto- et de molybdo-acides.

[1] Présentée dans la séance du 30 décembre 1912.

La basicité de ces corps est une question controversée, dont la difficulté sera comprise sur un exemple.

Soit l'acide silicotungstique. Quand il se combine aux bases fortes, il donne des sels généralement solubles et bien cristallisés, à 4^{mol} de base; mais, par exception, il forme avec certains oxydes, et spécialement avec l'oxyde mercureux, des silicotungstates insolubles, octobasiques. Est-il tétra ou octobasique?

J'ai traité incidemment cette question dans un récent Mémoire et,



Acide :

ST. Silicotungstique.................. $[Si(Tu^2O^7)^6]H^4H^4 + 29 H^2O$
BT. Borotungstique.................... $[B(Tu^2O^7)^6]H^5H^4 + 29 H^2O$
MT. Métatungstique.................... $[H^2(Tu^2O^7)^6]H^6H^4 + 22 H^2O$
PT. Phosphotungstique................. $[P(Tu^2O^7)^6]H^3H^4 + 27 H^2O$
TS. Tungstosilicique.................. $[Si(Tu^2O^7)^6]H^4H^4 + 20 H^2O$
SM. Silicomolybdique.............. ... $[Si(Mo^2O^7)^6]H^4H^4 + 29 H^2O$
PM. Phosphomolybdique................. $[P(Mo^2O^7)^6]H^3H^4 + 27 H^2O$

d'après la neutralisation en présence des indicateurs colorés, j'ai conclu à la tétrabasicité (1).

Plus généralement, la vraie basicité des tungsto- ou des molybdo-acides est, à mon avis, celle qui correspond à leurs sels solubles, à ceux qu'on obtient, par exemple, après saturation par un carbonate alcalino-terreux.

---

(1) H. Copaux, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. XXV, 1912, p. 22.

— A l'appui de mon opinion, j'apporte un nouvel argument, fondé sur les conductibilités moléculaires des solutions aqueuses diversement concentrées.

La méthode de mesure étant connue, je ne donnerai aucun détail opératoire; j'insisterai seulement sur l'utilité de fixer très exactement le titre des solutions diluées, sous peine de commettre d'assez fortes erreurs.

Mes mesures sont rapportées aux formules inscrites sous la figure, et je choisis entre elles celles qui correspondent aux grandes dilutions, les plus importantes, puisqu'elles déterminent la conductibilité limite et la basicité:

v : nombre de litres de solution pour 1^{mol},
μ : conductibilité moléculaire,
Température : 25°.

ST.		BT.		MT.		PT.	
v.	μ.	v.	η.	v.	μ.	v.	μ.
1410	1569	1317	1948	1210	2324	1400	1445
1613	1572	1582	1985	1453	2349	1600	1484
1820	1578	1848	1985	1694	2360	1800	1510
2480	1604	2634	2002	2420	2405	2478	1660
5960	1650	»	»	»	»	2855	1735
»	»	»	»	»	»	5948	1965

T. S.		S. M.		P. M.		ClH.	
v.	μ.	v.	μ.	v.	μ.	v.	μ.
1311	1606	1186	1560	1209	1549	128	401
1573	1591	1580	1565	1612	1552	256	403
1836	1593	2350	1612	2000	1618	»	»
2623	1593	3190	1635	2500	1635	»	»
»	»	»	»	3000	1638	»	»
»	»	»	»	6000	1692	»	»

Des mesures précédentes et de la forme des courbes, résultent les conséquences suivantes :

1. L'acide silicotungstique est un acide fort, qui atteint rapidement une conductibilité limite, égale à 4 fois celle de l'acide chlorhydrique. Même sous une forte dilution, c'est un acide tétrabasique, pratiquement insensible à l'hydrolyse.

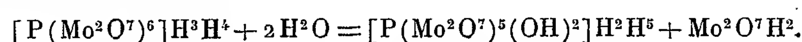
Son isomère, probablement stéréochimique, l'acide tungstosilicique, et son isomorphe, l'acide silicomolybdique, se comportent sensiblement de la même manière.

2. L'acide borotungstique a une conductibilité égale à 5 fois celle de l'acide chlorhydrique. Donc, il est pentabasique, comme on l'observe dans ses sels de sodium, de baryum, de cadmium, et non pas 9 fois basique, comme on pourrait le déduire de la composition de son sel mercureux.

3. De même, l'acide métatungstique est hexabasique, mais sa courbe, plus arrondie, montre qu'il est plus faible que les précédents et déjà sensible à l'hydrolyse, aux grandes dilutions.

4. Quant à l'acide phosphotungstique, il est franchement hydrolysé, et cette particularité coïncide avec certaines anomalies que j'ai indiquées dans mon précédent Mémoire. D'après la composition de ses sels ordinaires, et par analogie avec les autres acides, il est certainement tribasique, mais sa courbe ne l'indique à aucun instant; elle franchit la tétrabasicité et semble atteindre, à la limite, la basicité 5. Sur ce dernier point, je ne veux cependant rien affirmer, les mesures devenant imprécises, à la dilution de 1^{mol} dans 6000^{l}.

L'acide phosphomolybdique, isomorphe du précédent, est aussi tribasique et hydrolysé, mais son hydrolyse bien limitée en fait un acide tétrabasique en apparence. Il est évident qu'en réalité, l'eau scinde l'acide phosphomolybdique en deux acides bibasiques, dont je symboliserai la formation par l'équation suivante :



$$[P(Mo^2O^7)^6]H^3H^4 + 2H^2O = [P(Mo^2O^7)^5(OH)^2]H^2H^5 + Mo^2O^7H^2.$$

Pour vérifier cette réaction supposée, j'ai essayé de fixer les produits de l'hydrolyse en saturant 1^{mol} d'acide phosphomolybdique dilué par 4^{mol} de base et d'isoler les deux sels par cristallisation, mais la présence de la base et la concentration ultérieure modifient profondément l'équilibre de la solution d'où l'on n'extrait rien de net.

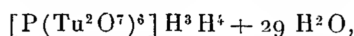
J'espérais être plus heureux dans la série tungstique, plus stable en général que la série molybdique, et trouver dans les acides phosphotungstiques en 10, en 8 et en 6 Tu, décrits autrefois par M. Péchard, les produits concrets de l'hydrolyse de l'acide ordinaire en 12 Tu ([1]).

Malheureusement, il m'a été impossible de reproduire les corps de M. Péchard. En faisant réagir l'acide phosphorique et l'acide métatungstique, à froid ou à chaud, suivant sa méthode, j'ai obtenu, après des essais réitérés : à chaud, un corps ayant la

---

([1]) PÉCHARD, *Ann. de Ch. et de Ph.*, 6e série, t. XXII, 1891, p. 226.

forme octaédrique isotrope et la composition de l'acide phosphotungstique ordinaire



$$[P(Tu^2O^7)^6]H^3H^4 + 29\,H^2O,$$

à froid, sensiblement le même corps, et souvent aussi, des vernis incristallisables.

La réaction de l'acide métatungstique sur les phosphates ne m'a pas donné de meilleurs résultats.

En somme, la composition des sels solubles de bases fortes est le critérium de la basicité des tungsto et des molybdo-acides.

Cette valeur s'accorde avec celle qu'on déduit de la conductibilité dans l'eau pure, quand l'eau n'a pas d'action propre sur l'acide. Le désaccord des deux valeurs est, au contraire, un signe d'hydrolyse.

Quand à la fonction supplémentaire, marquée H^4 sur les formules ci-jointes, et qu'on ne sature qu'en opposant à ces acides des oxydes particuliers, comme l'oxyde mercureux, l'oxyde de guanidine, et quelquefois l'oxyde d'argent, elle n'a aucune influence sur la conductibilité et se comporte, à cet égard, comme la fonction alcoolique des acides-alcools organiques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la 2.2-diméthylcycloheptanone.* Note de M. **P.-J. Tarbouriech**, présentée par M. A. Haller.

La déshydratation de l'isopropylcyclohexylpinacone ou 1-oxycyclohexyldimétylcarbinol : $OH - C^6H^{10} - COH = (CH^3)^2$ est un phénomène remarquablement complexe, qui donne simultanément naissance à trois produits différents : deux cétones isomères $C^9H^{16}O$ et un hydrocarbure C^9H^{14}.

La première de ces deux cétones est, ainsi que je l'ai démontré (¹), le 1-méthyl-1-éthanoylcyclohexane, $C^6H^{10}\begin{cases}CH^3\ (^1)\\ CO - CH^3\ (^1)\end{cases}$ qui se forme par la migration de l'un des deux radicaux CH^3 sur le noyau cyclonique.

J'avais attribué, il y a quelque temps (²), à la deuxième cétone, isomère de la précédente, la constitution de la 2.2-diméthylcyloheptanone, résultant de l'introduction dans le noyau hexatomique du groupement CO, qui détermine ainsi la formation d'une nouvelle chaîne à 7^{at} de carbone.

(¹) *Comptes rendus*, 13 juin 1910.

(²) *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, t. XI, p. 793.

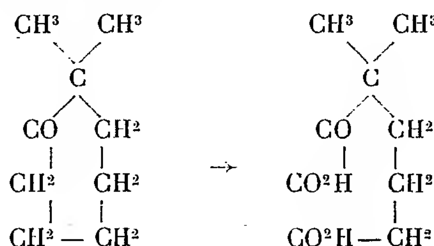
Les faits ci-dessous montrent que cette interprétation répondait bien à la réalité et établissent avec netteté la structure moléculaire de ce nouveau composé.

La 2.2-diméthylcycloheptanone régénérée de son oxime (P. F. = 85°), est un liquide incolore, à odeur camphrée, bouillant à 82° sous 18^{mm}, et à 189° sous 761^{mm}.

Elle fournit une carbanilidoxime (P. F. = 94°) et une semi-carbazone (P. F. = 176°).

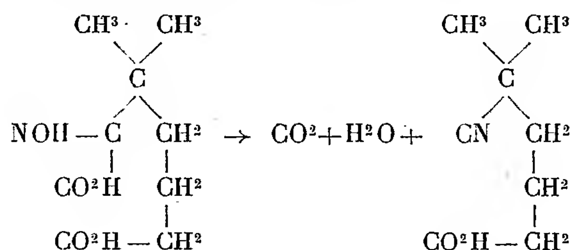
Quand on oxyde la cétone par le permanganate de potassium en solution à 3 pour 100, avec addition de 1 pour 100 de soude, on obtient un acide bibasique et cétonique répondant à la composition $C^6H^{12}\begin{cases} CO^2H \\ CO - CO^2H \end{cases}$.

L'étude de ce composé montre qu'il s'agit de l'acide α-céto-ββ-diméthylpimélique qui se forme par la rupture du noyau heptatomique, au voisinage de la fonction cétonique



Cet acide, très soluble dans l'eau, et très hygroscopique, fond à 67° et se décompose à 220° dans le vide. Il donne une semi-carbazone (P. F. = 185°) et une oxime très bien cristallisée qui se décompose en fondant à 140°-141°.

Comme pour tous les acides α-cétoniques, la décomposition de l'oxime de ce diacide consiste dans la perte de CO^2 et H^2O, avec formation d'un nitrile qui est le cyano-5-diméthyl-5.5-pentanoïque.



Ce nitrile-acide est une masse cristalline P. F. 34°-35°, se décomposant par la chaleur.

L'identification de ce composé a été réalisée par sa transformation en acide αα-diméthyladipique, qu'on obtient facilement en chauffant le nitrile ci-dessus avec de la potasse alcoolique à 30 pour 100, à la température de 160°.

Le produit de cette hydratation est une substance très soluble dans l'eau, où elle cristallise en aiguilles blanches fondant à 87°. Sa composition élémentaire et sa valeur acidimétrique sont bien celles de l'acide αα-diméthyladipique, et son identité avec ce produit déjà obtenu, notamment par M. G. Blanc (¹), est nettement démontrée par la comparaison de leurs points de fusion. Le mélange du produit que j'ai obtenu et d'un échantillon d'acide αα-diméthyladipique, mis obligeamment à ma disposition par M. G. Blanc, fond encore à 87°.

Il est donc établi que l'une des deux cétones obtenues dans la déshydratation de l'isopropylcyclohexylpinacone est bien la 2.2-diméthylcycloheptanone, dont la formation réalise le passage d'un noyau hexatomique à une nouvelle chaîne à 7^{at} de carbone.

Le processus d'oxydation, également remarquable de cette cétone, révèle une résistance particulière à l'oxydation du groupement CO, dans les cétones pinacoliques, c'est-à-dire quand le groupement carbonyle est au voisinage de 1^{at} de carbone complètement substitué, dans un noyau dépourvu de toute liaison éthénique.

Ce fait paraît susceptible de généralisation si on le rapproche de la formation de l'acide pivalique à partir de la pinacoline ordinaire et de l'acide 1-méthylcyclohexylglyoxylique que j'ai moi-même obtenu (²) à partir du 1-méthyl-1-éthanoylcyclohexane.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *L'acidification des moûts par la levure au cours de la fermentation alcoolique.* Note de M. A. **Fernbach**, présentée par M. E. Roux.

On sait que tout liquide sucré soumis à la fermentation alcoolique subit, au cours de cette fermentation, une augmentation d'acidité. Cette augmentation est due, pour une petite part, à la production d'acide succinique, dont la quantité, très variable, dépend, comme l'ont montré les recherches

(¹) *Bull. Soc. chim.* 3e série, t. XXXIII, p. 889.

(²) *Loc. cit.*

récentes de F. Ehrlich, de la dose d'acide glutamique que la levure a eu à sa disposition. La majeure partie des acides formés au cours de la fermentation est représentée par des acides volatils, parmi lesquels l'acide acétique prédomine; il est même souvent le seul acide volatil qui se forme. De nombreuses recherches, parmi lesquelles il convient de mentionner surtout les travaux de M. E. Kayser, ont montré que les diverses races de levure se différencient nettement par la nature et la proportion des acides volatils qu'elles produisent dans un milieu donné.

Les expériences dont les résultats sont résumés ci-après ont eu pour objet de voir comment, chez une même levure, varie sous diverses influences l'acidification du liquide qui fermente, et notamment de rechercher si elle subit l'influence de la réaction du milieu.

A cet effet, j'ai ensemencé avec le même nombre de cellules d'une même levure une série de ballons renfermant le même liquide sucré artificiel ou naturel (moût de raisin), additionné de doses croissantes d'acide tartrique, variant de 0^g à 8^g par litre. Dans les divers ballons d'une même série, j'ai déterminé en même temps, la fermentation étant achevée ou non, l'acidité du liquide, la quantité de sucre restant, l'alcool produit et le poids de levure formée. Je me borne à rapporter ici, pour quelques-unes de ces expériences, les chiffres qui indiquent l'augmentation d'acidité, exprimée partout, de même que l'acidité primitive, en milligrammes d'acide tartrique total [1].

A. *Levure de bière* Br.

Acidité primitive		0	25	50	100	200
Augmentation d'acidité	Exp. *a*	59,5	41,5	41	33	6,5
	Exp. *b*	59,8	»	50	50	29,3

B. *Levures de vin.*

Acidité primitive		0	25	50	100	200	400
Augmentation d'acidité	Levure C	66,5	52	48	22,5	»	»
	Levure L	123,5	107	100	91	61,5	44

Ces diverses expériences ont été faites en ensemençant la levure faiblement ou largement dans un liquide faiblement aéré à l'origine. Malgré la diversité des conditions, on voit que dans tous les cas l'augmentation d'acidité a été d'autant plus forte que le liquide était primitivement moins acide.

Les diverses levures subissent donc, dans l'acidification qu'elles pro-

---

(1) Les détails des expériences seront publiés ailleurs.

duisent, indépendamment de leurs caractères individuels, l'influence de l'acidité du milieu où elles fonctionnent.

Cette conclusion présente une grande importance au point de vue pratique : l'acidification a été récemment considérée avec raison comme un moyen d'augmenter la stabilité des boissons fermentées, notamment de la bière, et l'on a recommandé de divers côtés d'employer de préférence les levures qui produisent l'acidification la plus forte. Il est clair qu'il faudra tenir compte de l'influence qu'exerce sur cette acidification l'acidité primitive du moût.

Les faits rapportés plus haut ne semblent pas moins importants au point de vue théorique, pour l'étude du mécanisme de la fermentation alcoolique. Ils nous fournissent, en effet, un moyen pratique d'augmenter la production d'acide par la levure, et je compte montrer prochainement comment ce moyen peut être utilisé pour la recherche des produits intermédiaires de la fermentation.

ANTHROPOLOGIE. — *Le canal vertébral lombaire chez les Anthropoïdes et chez les Hommes préhistoriques.* Note de M. **Marcel Baudouin.**

La colonne vertébrale, aux lombes, ne contenant pas, au moins dans l'espèce humaine actuelle, de moelle épinière, et le canal médullaire ayant cependant des dimensions assez considérables, j'ai cherché à découvrir la cause de cette disposition, peu logique en apparence, du trou vertébral à ce niveau.

Pour avoir une base d'opération précise, j'ai été amené à mesurer la superficie de la surface de section du canal vertébral, d'abord au niveau d'un point où il n'y a plus de moelle (celle-ci s'arrête d'ordinaire à la première lombaire) et correspondant au centre de cette colonne (troisième lombaire), puis à sa terminaison, près du sacrum (cinquième lombaire ou *dernière*).

Pour obtenir cette surface, je n'ai eu qu'à calculer la superficie du triangle isocèle que forme aux lombes le canal en question, en partant de la formule classique $S = \frac{B \times H}{2}$; B étant le diamètre transversal maximum du trou ; H, son diamètre antéropostérieur maximum ; les dimensions étant prises au niveau de la face, antérieure ou supérieure de la vertèbre, correspondant au côté du *cerveau*.

Désirant posséder une série de mensurations utilisables et capables de m'éclairer, je me suis adressé d'abord aux *Anthropoïdes*; puis à l'*Homme paléolithique* et à l'*Homme néolithique*; enfin à l'*Homme moderne*.

Voici les curieux résultats que ces examens m'ont fourni :

Genres.	Espèces.	3e vertèbre lombaire.	5e vertèbre lombaire.
1° Anthropoïdes (type adulte, moyen).	*Gibbon*	$\frac{8\times 5}{2} = 20^{mm^2}$	$\frac{9\times 6}{2} = 27^{mm^2}$
	Orang-Outang	$\frac{14\times 9}{2} = 63^{mm^2}$	$\frac{15\times 8}{2} = 60^{mm^2}$
	Chimpanzé	$\frac{16\times 12}{2} = 96^{mm^2}$	$\frac{12\times 10}{2} = 60^{mm^2}$
	Gorille	$\frac{18\times 12}{2} = 108^{mm^2}$	$\frac{17\times 18}{2} = 68^{mm^2}$ (1)
2° Hommes préhistoriques.	*Paléolithique* [*Moustérien*] Adulte [La Chapelle-aux-Saints].	$\frac{21\times 14}{2} = 147^{mm^2}$ [La 3e v. l. manquant, on a dû mesurer ici la 4e] (2).	$\frac{23\times 14}{2} = 161^{mm^2}$
	Néolithique (sép. de Vandrest). Adultes [moyenne de 20 mensurations (3)].	$\frac{21\times 12}{2}$ à $\frac{24\times 16}{2} = 150^{mm^2}$	$= 187^{mm^2}$
3° Hommes actuels.	Hommes [région parisienne] (moyenne).	$\frac{21\times 13}{2}$ à $\frac{25\times 17}{2} = 172^{mm^2}$	$\frac{22\times 13}{2}$ à $\frac{26\times 16}{2} = 200^{mm^2}$

Ce Tableau est tout à fait suggestif. Il démontre que la *surface de section* du *canal* vertébral *lombaire augmente d'étendue*, et dans des proportions considérables, *des Anthropoïdes à l'Homme moderne*, la progression étant

---

(1) Seul le *Gibbon* a cinq lombaires. Les autres mensurations des Anthropoïdes correspondent donc, en réalité, à la *dernière lombaire*, c'est-à-dire à la quatrième.

(2) Les mensurations, pour l'Homme de *La Chapelle-aux-Saints*, ont été prises sur les *photographies* publiées, à l'aide d'une technique trop longue à exposer pour être rapportée ici. (Voir *Annales de Paléontologie*, 1912, fasc. II, juillet.)

(3) Ces mensurations ont été publiées antérieurement [Ed. Hue et Marcel Baudouin, *Sur les vertèbres lombaires des Néolithiques* (*Bull. Soc. préh. franç.*, 1912, 25 avril)] et citées dans une Note présentée déjà à l'Académie des Sciences [Ed. Hue et Marcel Baudouin, *Caractères ataviques de certaines vertèbres lombaires des Hommes de la pierre polie* (*Comptes rendus*, Paris, 1912, 15 avril)].

sans cesse d'ailleurs d'ordre croissant en passant par des espèces zoologiques, de plus en plus évoluées, et les diverses sortes d'Hommes, *quoiqu'il ne contienne pas de moelle épinière à ce niveau*. Ses dimensions ne sont donc pas en rapport avec la présence de cet organe, et par suite le *système nerveux médullaire*.

D'autre part, le canal vertébral chez les Hommes paléolithiques et néolithiques, est *plus petit que chez les modernes*, contrairement à ce qu'on aurait pu croire et à ce qu'on a écrit. Il résulte manifestement de là que l'agrandissement du canal *lombaire* est fonction uniquement de la *station bipède*, car, plus l'Homme *se redresse*, plus le canal lombaire augmente de superficie. Et cela est sans doute la conséquence même de l'augmentation de volume de la colonne lombaire, ayant un *poids bien plus considérable à supporter* chez l'Homme que chez l'animal quadrupède.

Il faut remarquer, en outre, qu'il y a un bond considérable des *Anthropoïdes* à l'*Homme* paléolithique, surtout près du sacrum et une différence de près de moitié pour la troisième lombaire, alors que, dans la série des Anthropoïdes, la progression est moins brusque. Toutefois, il y a aussi une grande différence entre le *Gibbon*, Anthropoïde le plus inférieur, et le *Chimpanzé* et l'*Orang-outang*, qui se rapprochent bien davantage de l'Homme.

Autre fait important : il y a peu de différence entre l'Homme *paléolithique* et l'Homme *néolithique*, c'est-à-dire entre l'Homme du type Néanderthal et le brachycéphale de la pierre polie. C'est là un argument puissant à mettre en avant pour soutenir que le second dérive du premier, lequel par suite, ne peut-être qu'une variété d'*Homo*, et non une espèce à part, comme on l'a récemment encore soutenu. L'*Homme de la pierre taillée* (*Moustérien*) n'est donc pas si loin qu'on l'a dit, au point de vue du système nerveux médullaire, d'une part et, d'autre part, de la marche bipède de l'*Homme de la pierre polie*.

Ce sont là des déductions au demeurant tout à fait nouvelles et parfaitement imprévues, mais qui résultent, indiscutablement, des mensurations que nous avons données plus haut.

MÉDECINE. — *De l'immunité vaccinale passive conférée par les injections intra-veineuses de sérum variolique.* Note (1) de MM. **Pierre Teissier**, **Pierre Gastinel** et **P.-L. Marie**, présentée par M. A. Chauveau.

L'immunité passive conférée vis-à-vis de la vaccine par le sérum d'animaux vaccinés est connue depuis les travaux de Béclère, Chambon et Saint-Yves Ménard. Tout récemment encore M. L. Camus apportait à cette étude de nouvelles précisions. L'immunité vaccinale et variolique conférée par les injections de sérum de varioleux n'a été, par contre, l'objet que d'un petit nombre de recherches et nous savons seulement, grâce à Béclère, que le mélange de sérum variolique à du vaccin, tue le virus vaccinal. Nous avons été conduits, à la suite de tentatives de sérothérapie antivariolique, dont les résultats ont été récemment présentés, à rechercher les bases expérimentales de cette méthode thérapeutique.

Pour élucider cette question, il convenait d'envisager d'abord l'influence du sérum d'un varioleux sur la maladie vaccinale expérimentale, ensuite l'influence du même sérum sur l'infection variolique expérimentale. Modifiant à volonté les diverses données du problème, on déterminait ainsi les éléments qui conditionnaient l'action du sérum sur l'infection (2).

Nous avons utilisé le lapin qui réagit très bien à la vaccine et qui possède exceptionnellement l'immunité naturelle. Les injections de sérum variolique furent pratiquées par voie veineuse. L'inoculation vaccinale était faite sur le dos préalablement rasé et sur une étendue de 40^{cm^2} environ.

I. Dans une première série d'expériences une dose de 6^{cm^3} de sérum provenant d'un varioleux au 30e jour de la maladie et présentant une réaction de fixation encore légèrement positive fut injectée à trois lapins.

Un de ces lapins vacciné le lendemain de l'injection offrait une éruption superposable à celle du témoin. Le second lapin, vacciné 3 jours après l'injection de sérum, présentait une éruption d'intensité moyenne de papules avortées, rapidement desséchées; on comptait une papule par centimètre carré; l'éruption du témoin était au contraire confluente. L'essai du pouvoir virulicide du sérum de l'animal, étudié immédiatement avant la vaccination cutanée, témoigne que ce sérum atténue considérablement le vaccin, la zone d'épreuve à la vaccination présentant 30 papules, alors

(1) Présentée dans la séance du 23 décembre 1912.

(2) La fin de l'épidémie variolique nous ayant empêché de compléter la seconde partie du problème, nous nous réservons d'en publier ultérieurement l'étude.

que la zone témoin offre une éruption confluente. Le troisième lapin vacciné 6 jours après l'inoculation de sérum eut aussi une éruption de moyenne intensité, tandis que le témoin eut une vaccine confluente. Le sérum de l'animal, également étudié avant la vaccination, se montrait virulicide, mais à un degré un peu moindre que celui du lapin précédent.

II. Dans une deuxième série, nous avons tenté l'immunisation passive par des injections répétées de faibles doses de sérum. Deux animaux reçoivent ainsi quotidiennement, pendant 4 jours, 3^{cm^3} de sérum d'un varioleux au 20ᵉ jour de sa maladie et présentant une réaction de fixation encore positive. Après la dernière injection on prélève, par ponction du cœur, du sang dont on étudie le pouvoir virulicide et en même temps on pratique l'inoculation vaccinale. Chaque animal offre une éruption de moyenne intensité d'éléments avortés, rapidement desséchés, très différents de ceux de l'éruption témoin et le sérum de ces deux lapins tue presque complètement le vaccin, le mélange de ces sérums avec le vaccin donnant à la vaccination d'épreuve quatre papules, alors qu'il y a confluence sur une zone de même étendue inoculée avec le mélange vaccin + eau physiologique.

III. Dans une troisième série, des injections furent pratiquées à trois lapins, pendant 4 jours, avec 3^{cm^3} d'un sérum de varioleux au 25ᵉ jour de la maladie et dont la réaction de fixation avait presque complètement disparu. Immédiatement après la dernière injection les animaux sont vaccinés sur le dos, ils n'offrent pour ainsi dire aucune éruption et leur sérum, étudié avant la vaccination, possède un pouvoir virulicide très accentué, on compte deux papules sur les zones de vaccination d'épreuve, alors qu'il y a confluence sur la zone témoin.

IV. Dans une quatrième et dernière série, la vaccination fut d'abord pratiquée, puis la sérothérapie. Trois lapins sont inoculés avec 3^{cm^3} d'une dilution au centième de vaccin. L'un de ces animaux reçoit immédiatement après 3^{cm^3} de sérum provenant du même malade que dans la série III. Sept jours après, l'animal offre une éruption discrète de 58 papules et un placard confluent. Le second, traité 24 heures après par la même dose du même sérum, présente, au 7ᵉ jour, une éruption discrète d'éléments aplatis, mal venus, vite desséchés, nullement comparables à l'éruption du témoin. Enfin le troisième lapin, recevant le sérum 48 heures après la vaccination, ne présente pas de modification dans son éruption qui est aussi confluente que celle du témoin.

Conclusions. — Il résulte de ces expériences :

1° Que la vaccination peut être modifiée, à la suite de l'injection d'une seule dose de sérum variolique, lorsqu'elle est pratiquée dans les 2 à 6 jours qui suivent l'inoculation sérique ;

2° Que l'injection de sérum variolique à doses répétées et fractionnées modifie l'éruption vaccinale alors même que la vaccination est faite après la dernière injection, le sérum de l'animal présentant, à ce moment, de fortes propriétés virulicides ;

3° Quand la vaccination précède la sérothérapie, celle-ci ne semble avoir d'effet que lorsqu'elle est opérée dans les 48 heures qui suivent la vaccination; passé ce délai, l'éruption vaccinale évolue chez l'animal traité, comme chez le témoin;

4° Que le sérum variolique le plus apte à conférer l'immunité passive doit provenir d'un sujet en convalescence ou guéri, plus précisément doit être recueilli au moment où l'on ne peut plus y déceler la présence de sensibilisatrices déviant le complément.

Les tentatives de sérothérapie doivent donc être aussi précoces que possible; lorsque la maladie vaccinale a déjà commencé à évoluer, elle n'est plus modifiée que légèrement par le sérum ultérieurement injecté. Ces faits sont similaires de ceux obtenus par L. Camus, concernant l'action préventive ou curative du sérum des animaux vaccinés.

MÉDECINE. — *De l'emploi des basses températures en Cryothérapie.* Note [1] de M. F. **Bordas**, présentée par M. d'Arsonval.

L'emploi de l'acide carbonique neige, dans la Cryothérapie locale, a donné d'heureux résultats, principalement dans le traitement de certaines affections de la peau : épithéliomas superficiels, lupus, angiomes caverneux, nœvi, etc.

Cependant, outre la difficulté de conservation et de manipulation des crayons de CO^2 au cours d'une opération de quelque durée, l'emploi de cet agent thérapeutique n'est pas sans présenter quelques inconvénients.

En effet, la blancheur de la neige carbonique est loin de constituer une garantie de sa pureté; pour s'en convaincre il suffit d'évaporer un morceau de CO^2 solide dans un ballon contenant de l'eau distillée et stérilisée.

On constatera ainsi la présence de débris organiques, d'oxyde de fer, de matières grasses, provenant des machines ayant servi à comprimer le CO^2, de bactéries, de levures et de moisissures de toutes sortes.

Nous n'insisterons pas sur les dangers qui peuvent résulter d'une application directe sur une plaie, par exemple, de crayon de CO^2 solide ainsi souillé.

Pour éviter tout inconvénient de ce genre, nous ne nous servons pas de

[1] Présentée dans la séance du 30 décembre 1912.

CO^2 solide, mais d'un mélange réfrigérant d'alcool ou d'acétone carbonique.

Le mélange est préparé dans un tube en argent de $1^{cm},5$ environ de section sur 20^{cm} de longueur dont la partie inférieure peut se terminer soit par un cône, soit par une surface plane suivant les diverses nécessités opératoires. Dans sa partie supérieure légèrement évasée, le tube reste ouvert, ce qui permet l'adjonction au mélange de nouvelles quantités de CO^2 solide, en même temps que l'évaporation de CO^2.

Pour rendre possible le maniement de l'appareil, et d'autre part pour en éviter le réchauffement par trop rapide, on l'entoure de la double enveloppe de verre à vide intermédiaire de d'Arsonval.

L'instrument que nous venons de décrire, outre son maniement très aisé, aura l'avantage de pouvoir être facilement stérilisé après chaque intervention chirurgicale, ce qui supprimera les chances d'infections toujours possibles avec le CO^2 solide.

Par cette méthode, le chirurgien pourra graduer la température du mélange et la faire varier suivant l'affection à traiter, entre 0° et 80°, chose impossible avec le procédé en usage. Il sera également maître d'utiliser toute une gamme de températures faciles à déterminer avec exactitude, allant du point d'évaporation de CO^2 neige jusqu'au point d'ébullition de l'hydrogène, par exemple, c'est-à-dire — 250°.

PHYSIOLOGIE. — *Rapports entre l'alimentation et les dimensions des cæcums chez les Canards.* Note de M. **A. Magnan**, présentée par M. Edmond Perrier.

L'ensemble des recherches que nous avons effectuées sur le tube digestif des Oiseaux ([1]) nous a permis de mettre en évidence qu'à chaque régime alimentaire correspondaient une forme et une longueur déterminées des cæcums. Il en résulte que les Oiseaux peuvent se diviser en deux groupes, comme le montre le Tableau suivant :

I. *Oiseaux sans cæcums ou à cæcums très réduits :*

Carnivores (Rapaces diurnes, ...),
Omnicarnivores (Grands Échassiers),
Piscivores (Palmipèdes marins, ...),
Insectivores (Passereaux),
Omnivores (Corvidés),
Frugivores (Perroquets, ...).

([1]) A. Magnan, *Le tube digestif et le régime alimentaire des Oiseaux* (*Coll. de Morph. dyn.*, Paris, Hermann, 1911).

2. *Oiseaux à cæcums longs :*

Testacivores (Petits Échassiers, ...),
Carnivores insectivores (Rapaces nocturnes),
Omnivores (Canards),
Granivores (Gallinacés, Colombins),
Herbivores (Oies, Cygnes).

Nous avions alors retiré de notre étude les lois suivantes :

1. Les régimes végétariens et mixtes engendrent des cæcums longs, creux, histologiquement comparables à l'intestin.

2. L'alimentation animale conduit en général à des cæcums courts, pleins, à aspect glandulaire ou amène la suppression des cæcums, ce que l'on constate aussi chez les Frugivores.

Pouvait-on prétendre reproduire des modifications analogues dans une expérience portant sur l'adaption de Canards à quatre régimes alimentaires différents.

Or les Canards possèdent naturellement des cæcums longs et creux; il était évidemment impossible d'obtenir, dans une expérience ne durant qu'une année, des transformations aussi complètes. Mais on pouvait espérer réduire ou accroître les appendices cæcaux suivant le régime de façon à classer aussi nos Canards en deux groupes comme les Oiseaux qui se nourrissent librement dans la nature.

Nous avons mesuré la longueur des cæcums de nos Canards et nous avons rapporté ces dimensions à la longueur du corps : $l = \sqrt[3]{P}$, P étant exprimé en grammes.

Voici les chiffres que nous avons obtenus :

	Rapport de la longueur des deux cæcums à la longueur du corps $l = \sqrt[3]{P}$.	
	Régime expérimental.	Régime naturel.
Végétariens	2,60	5,30
Piscivores	2,20	0,27
Insectivores	2,10	0,25
Carnivores	2	0,06

Nous avons recherché aussi le poids des cæcums débarrassés aussi complètement que possible des matières qu'ils contenaient.

	Rapport du poids des cæcums au poids du corps.	
	Régime expérimental.	Régime naturel.
Végétariens	1,08	12,50
Insectivores	0,83	0,20
Piscivores	0,76	0,20
Carnivores	0,67	0,05

L'identité des classements est absolue et les différences obtenues dans la longueur et la forme montrent que le régime alimentaire est bien la cause de ces variations.

Par conséquent, le régime végétarien, en particulier, favorise l'allongement et l'élargissement des cæcums. On peut penser tout d'abord que, ce régime accumulant des déchets dans le tube digestif, l'intestin et les cæcums se développent mécaniquement par suite de cette surcharge de matières inutiles. Par contre, chez les espèces à régime carné qui ne laisse que peu de résidus, l'intestin reste court et les cæcums s'atrophient. Les longs cæcums ne seraient donc que des réceptacles.

Mais il faut voir, à notre avis, dans le plus ou moins grand développement des appendices cæcaux, une question de toxicité alimentaire. Le régime végétarien n'est évidemment pas toxique par lui-même, mais, dans la stase rectale, il se produit des fermentations qui amènent des intoxications secondaires. Il nous semble, en raison des expériences que nous poursuivons en ce moment, qu'on doive considérer les cæcums longs comme des neutralisateurs des toxines rectales.

ZOOLOGIE. — *Contribution à l'étude des fonctions des grands tentacules des Limaces rouges* (Arion rufus). Note (¹) de M. **Pierre Kennel**, présentée par M. Bouvier.

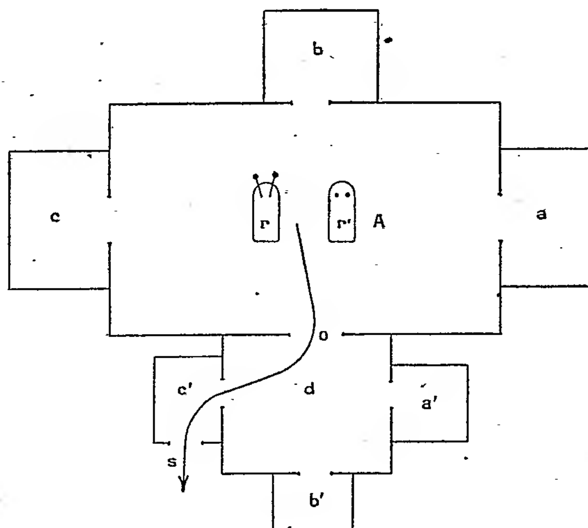
Les belles recherches de M. le professeur Yung ont montré que les *yeux* des Escargots ne pouvaient servir à la vision éloignée. S'ils voient, ces Gastéropodes sont en tous cas extrêmement myopes. Leurs tentacules sont-ils des organes en voie de régression, ou bien ont-ils quelques fonctions actuelles importantes qui en justifient la paternité? Nous nous sommes efforcé d'éclairer un peu ce problème encore obscur, sans prétendre dès

(¹) Présentée dans la séance du 30 décembre 1912.

maintenant, en donner la solution définitive. Nous avons pris comme sujet d'expériences la Limace rouge (*Arion rufus*) qu'on trouve abondamment dans les bois pendant la belle saison.

Le matériel dont nous nous sommes servi est très simple : 1° une grande boîte A, de 1^m de longueur, $0^m,80$ de largeur et $0^m,50$ de hauteur, en bois. Sur chacune des quatre faces verticales est pratiquée une ouverture de $0^m,10$ de côté, au ras du sol, laquelle peut être obstruée par un volet; 2° une série de quatre boîtes *a*, *b*, *c*, *d*, de $0^m,40$ de côté, munies d'ouvertures *ad hoc* et pouvant s'appliquer contre la précédente; 3° quelques boîtes plus petites *a'*, *b'*, *c'*. On conçoit que le jeu de ces boîtes permette de réaliser des labyrinthes simples.

Première série d'expériences. — Le soir, dès la tombée de la nuit (pour éviter même l'influence toute problématique de la lumière et parce que l'activité des limaces est plus grande alors), deux lots de limaces étaient placés dans des récipients *r* et *r'*



au milieu de A. Celles du premier lot en *r*, étaient normales; celles du deuxième lot en *r'* avaient les tentacules coupés aussi près que possible de leur base. Pour sortir les limaces devaient parcourir le trajet indiqué sur le dessin par une flèche. Avant l'aurore, c'est-à-dire après 8 heures environ d'expérimentation, on releva le chiffre des présences; il est en effet plus sûr de compter le nombre des présents, car souvent les limaces qui ont pu s'échapper ont parcouru ensuite de longues distances, 5^m, 6^m, ou davantage, et on les retrouve difficilement.

Voici quelques-uns des chiffres obtenus :

	1er lot.	2e lot.
Première nuit	3	7
Deuxième nuit	3	7
Troisième nuit	2	8

Ainsi, les *limaces normales se sont échappées dans la proportion de* 22 *sur* 30; les *limaces opérées dans la proportion de* 8 *sur* 30. Aucune n'est restée dans les récipients.

Si l'on fait la part du hasard assez large, étant donnée la simplicité du labyrinthe, qui diminuera encore le nombre des sorties des animaux opérés, *il ressort de ces chiffres,* jusqu'à l'évidence, *que les tentacules sont des organes de relation, de direction des limaces.* Le sens de direction est très subtil; la remarque suivante, jointe aux constatations précédentes, permet de l'affirmer : une fente, très étroite, existait la première nuit entre la paroi de la caisse et une lame de verre servant de fenêtre; 2 limaces ont, au cours de l'expérience, pris ce raccourci pour s'enfuir.

Deuxième série d'expériences. — 20 limaces normales étaient placées dans les récipients r et r'. En a était étalée une couche de fraises, en b se trouvaient quelques feuilles de choux; la boîte C était vide et l'orifice de sortie O fermé. Les limaces ne pouvaient s'enfuir.

Au matin, on relevait les chiffres suivants : En a, 3; en b, 4; en C, 3; les autres limaces étaient dispersées en tous sens dans la boîte A, surtout aux angles.

En procédant avec le même nombre de limaces opérées, les chiffres obtenus sont à peu près semblables quant aux proportions; en a : 1; en b, 2; en C, 2; 15 sont restées dans la boîte A.

Ces résultats *semblent indiquer que les tentacules ne jouent aucun rôle dans l'olfaction.*

Troisième série d'expériences. — Sur un lot de 10 limaces, les *yeux* ont été recouverts d'un badigeon d'encre de Chine épaisse devant servir d'écran. Le chiffre des sorties n'a pas été sensiblement différent de la moyenne normale, un peu plus faible, pourtant.

Quatrième série d'expériences. — Nous avons approché des tentacules en extension de limaces une tige d'acier à la température ambiante; aucune réaction de la part de l'animal ne se produit tant que les *yeux* ne sont pas au contact du métal; nous chauffons de quelques degrés la tige en la plongeant dans l'eau, nous l'approchons alors des tentacules, brusquement ils se rétractent. La réaction est d'autant plus rapide et plus vive que la tige est à une température plus élevée.

Il y a lieu de reprendre, avec plus d'exactitude, ces expériences relatives à l'action de la chaleur sur les Arions; celles-ci, bien que grossières, prou-

vent néanmoins que *les tentacules sont impressionnés par les radiations calorifiques. Les yeux des Gastéropodes pourraient être comparés aux yeux thermoscopiques décrits par Joubin chez les Céphalopodes.*

Quelle est, maintenant, l'influence des divers excitants sur les limaces? Quelles sensations les tentacules perçoivent-ils? Les sensations lumineuses et olfactives doivent être éliminées jusqu'à plus ample informé. Yung a montré que les Gastéropodes sont très sensibles aux variations de l'état hygrométrique de l'air, mais cette faculté remarquable ne paraît pas devoir s'appliquer au cas qui nous occupe, la teneur en calories n'étant pas sensiblement différente dans les deux milieux, puisqu'ils communiquent largement entre eux; nous venons de voir que les radiations calorifiques sont très nettement perçues, mais la température n'est-elle pas la même dans la boîte et en dehors? Il ne reste que le tact, et c'est à ce sens que nous rapportons surtout la faculté de direction; nous reconnaissons pourtant que cette explication n'est pas suffisante. Il y a lieu d'orienter dans ce sens de nouvelles recherches.

Remarque. — Les expériences décrites ont été faites en plein air, les boîtes sans fond étaient posées directement sur le gazon; les limaces se trouvaient donc dans des conditions de vie normale, qu'il importe de réaliser lorsqu'on se livre à des recherches de cette nature.

ZOOLOGIE. — *Sur le polymorphisme d'un Delphinidé des mers australes : Delphinus Cruciger*, Quoy et Gaymard. Note (¹) de M. **Jacques Liouville**, présentée par S. A. S. le Prince de Monaco.

A. Le 28 janvier 1910, à l'ouest du cap Horn, par 100° de longitude W Paris et 56° 30′ latitude S, vers 8ʰ du soir, j'eus l'occasion d'observer une horde de huit Delphinidés bruns et blancs dont la couleur et la disposition des taches me parurent caractéristiques. En comparant mes dessins avec ceux de mes prédécesseurs dans les expéditions australes, représentant divers Dauphins signalés comme appartenant à des espèces différentes, il me sembla que les uns et les autres ne présentaient entre eux qu'un petit nombre de variations. En 1824, Quoy et Gaymard (²)

(¹) Présentée dans la séance du 30 décembre 1912.

(²) Quoy et Gaymard, *Zoologie de* l'Uranie, *Atlas*. Pl. II, p. 3 et 4, Paris, 1824. (*Dauphin crucigère*).

naturalistes à bord de l'*Uranie* publient une description du *Dauphin crucigère*, ayant de chaque côté du corps deux larges lignes blanches coupées à



angles droits par une noire, ce qui vu de dos, formait *une croix noire* sur fond blanc.

En 1826 Lesson (¹), naturaliste à bord de la *Coquille*, donnait une des-

(¹) Lesson, *Zoologie de* la Coquille, t. I, p. 178, *Atlas*. Pl. IX, p. 3, Paris, 1826 (*D. bivittatus*).

cription du *Delphinus bivittatus*, qui mesurait 2 pieds environ et ressemblait au *Dauphin crucigère* sauf qu'une autre bande noire parcourait le corps de la queue au museau en passant au-dessous de l'œil. Frédéric Cuvier décrit séparément sous les noms de *Delphinus cruciger* et de *D. bivittatus*, ces deux animaux.

En 1837 d'Orbigny [1] rencontre à l'est et au sud du cap Horn un Cétacé qu'il décrit et figure sous le nom de *D. cruciger* présentant de profil *deux bandes noires* de forme ondulée sur fond blanc, mais sans ligne transversale. Il fournit en outre une consciencieuse description du crâne.

En novembre et décembre 1901, janvier 1902, 5 et 6 mars 1904, Wilson [2], naturaliste à bord de la *Discovery*, observe entre 55° lat. S et 135° Greenwich, des hordes de Cétacés de 8-10 pieds de long, nettement marqués de blanc et de *marron*. Sur un fond *brun foncé*, deux larges taches blanches s'arrêtant au milieu du corps occupent dans la longueur chacune une moitié de celui-ci, séparées par un isthme étroit de la couleur du fond. C'est de cette description que se rapprochent le plus les animaux que nous avons pu dessiner, mais ceux-ci ne dépassaient pas $1^{m},10$ et le museau au lieu d'être allongé (dauphins) présentait une extrémité tronquée (marsouins). L'aileron dorsal nous a semblé moins courbe et plus large que les silhouettes de Wilson. Enfin l'extrémité du museau était blanche, avec ou non sous le menton une tache brune.

B. Tous ces Dauphins se ramènent à un système unique de distribution des taches : deux larges bandes sombres s'étendant sur les côtés du corps, séparées par une zone claire, et réunies en un point à l'aplomb de la dorsale par une étroite bande de leur couleur. Vu dorsalement, l'animal semble donc blanc avec une sorte de croix foncée. En ce qui concerne sa coloration nous avons pu nous rendre compte dans l'Antarctique de l'extrême variabilité des effets selon l'incidence de la lumière, la coloration de la mer, l'état nuageux du ciel; mais ayant pu faire nos observations par un temps parfaitement clair, à travers une mer tout à fait transparente, et en plein été austral, nous croyons pouvoir affirmer que la couleur de ces animaux est nettement blanche et brune. Le plus ou moins grand développement du bec est, on le sait, chez tous les Delphinidés, variable selon l'âge. Les ani-

(1) Alcide d'Orbigny, *Zoologie du Voyage dans l'Amérique méridionale*, p. 32, *Atlas*. Pl. XXIII, p. 1-4, Paris, 1837 (*D. cruciger*).

(2) Wilson, *Zoologie de la National Antarctic Expedition* (*Natural History*). London, 1907 (*an undescribed delphin*).

maux observés par Wilson, à museau allongé, mesurent 3^m; les nôtres, à museau tronqué, ne dépassent pas 1^m,10. Cette différence de taille correspond à une différence d'âge.

C. Ayant établi ainsi l'extrême polymorphisme de cette espèce, nous en proposons la diagnose suivante :

Dauphins atteignant jusqu'à 3^m de longueur et présentant un système de coloration pouvant être ramené au type suivant :

Deux larges bandes marron comprenant la dorsale et les pectorales, s'étendant sur les côtés du corps, séparées par une zone claire et réunies en un point à l'aplomb de la dorsale, par une étroite bande de leur couleur. Vu dorsalement, l'animal semble tout blanc avec une sorte de croix brune. Allongement du bec variable selon l'âge.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Influence de la constitution des corps puriques sur leur action vis-à-vis de la pression artérielle.* Note (¹) de MM. **Desgrez** et **Dorléans**, présentée par M. d'Arsonval.

Nous avons montré, dans une Note précédente (²), que la guanine, injectée par voie intraveineuse au lapin ou au chien, à la dose de 2^cg à 3^cg par kilogramme, provoque un abaissement de la pression artérielle variant de 2^cm,4 à 4^cm de mercure. Nous avons pensé que la valeur, et peut-être même le sens de cette action, seraient modifiés par la disparition du groupement aminé NH^2 de la molécule de guanine et que cette modification d'influence pourrait s'accroître à la suite d'une oxydation progressive de la molécule. Une telle transformation de constitution chimique se trouvant précisément réalisée par les oxypurines, nous avons fait porter nos recherches sur trois d'entre elles, l'hypoxanthine, la xanthine et l'acide urique.

Les expériences ont été faites sur le lapin qui a reçu, en injection intraveineuse, des quantités de ces trois substances variant entre 2^cg et 4^cg par kilogramme. L'hypoxanthine et la xanthine ont été dissoutes, avec l'aide de la quantité minima de soude, à raison de 0^g,10 pour 120^cm³ d'eau. L'urate neutre de soude a été employé au même titre. L'isotomie de toutes les solu-

(¹) Présentée dans la séance du 30 décembre 1912.

(²) *Comptes rendus*, t. 154, p. 1109.

tions était réalisée par addition convenable de chlorure de sodium. Les résultats de nos expériences sont concordants. Nous n'en rapporterons ici qu'une de chaque série (effectuée avec 2^{cg} de substance par kilogramme de lapin).

Hypoxanthine. Poids de l'animal : $2^{kg},650$.		Xanthine. Poids de l'animal : $2^{kg},800$.		Acide urique. Poids de l'animal : $2^{kg},800$.	
Heures.	Pression artérielle. (cm)	Heures.	Pression artérielle. (cm)	Heures.	Pression artérielle. (cm)
2,30	10,7	3,20	10,4	2,35	10,0
(injection)	»	(injection)	»	(injection)	»
2,35	11,2	3,25	11,8	2,40	11,0
2,40	11,2	3,30	11,8	2,45	12,0
2,50	11,4	3,35	11,6	2,50	12,6
3,00	11,2	3,40	11,0	3,00	12,2
3,05	11,0	3,50	12,0	3,10	12,0
3,10	10,8	4,00	11,5	3,25	11,6

La pression normale du lapin s'est donc élevée de $0^{cm},7$ avec l'hypoxanthine, de $1^{cm},6$ avec la xanthine et de $2^{cm},6$ avec l'acide urique.

Ces constatations, conformes à notre hypothèse, nous paraissent intéressantes au point de vue du rôle des corps puriques dans les phénomènes de la circulation. De la guanine à l'acide urique, la molécule chimique se transforme, d'abord par le départ du groupement aminé auquel la guanine doit probablement son action hypotensive, puis par une oxygénation progressive, avec accroissement du caractère acide. Si l'on sature, en effet, par la soude étendue, des solutions de guanine, d'hypoxanthine, de xanthine et d'acide urique, on constate que la proportion d'alcali nécessaire augmente du premier au dernier de ces corps, au point que l'acide urique en exige cinq fois plus que la guanine. C'est à cette transformation de l'édifice moléculaire que nous croyons devoir rapporter l'action hypertensive des oxypurines.

Une telle influence de ces composés, plus spécialement de l'acide urique, peut, d'autre part, contribuer à éclairer la pathogénie des maladies arthritiques, dans lesquelles M. Ch. Bouchard [1] a constaté une prédominance très marquée de l'hypertension artérielle.

---

(1) *Troubles préalables de la nutrition* (*Traité de Pathol. génér.*, t. II, p. 556).

PARASITOLOGIE. — *Recherches expérimentales sur le développement de la Douve hépatique* (Fasciola hepatica *L.*) Note de MM. **A. Railliet**, **G. Moussu** et **A. Henry**, présentée par M. A. Chauveau.

Depuis les belles études de Leuckart et de Thomas (1882), on admet que les animaux et l'homme doivent contracter la Douve hépatique en ingérant, soit les plantes sur lesquelles se sont enkystées les Cercaires, soit le Mollusque qui héberge ces larves; mais, jusqu'à présent, on n'a fourni aucune démonstration directe de ce mode d'infestation.

Le 27 mai 1911, nous recevions du Cher un envoi de petits Mollusques recueillis dans un abreuvoir situé au milieu de pâturages fréquentés par des moutons atteints de distomatose. Il s'agissait de Limnées tronquées qui, pour la plupart, contenaient des Rédies de *Fasciola hepatica* renfermant des Cercaires.

Nous faisons ingérer le jour même, à un agneau de 14 semaines, né et élevé à l'École d'Alfort, dix-huit de ces Limnées, en nous bornant à briser les coquilles.

Le 18 juillet, soit exactement le cinquante-deuxième jour après l'ingestion, nous sacrifions l'animal qui paraît en bon état de santé. L'autopsie montre cependant que la viande est déjà mouillée. Le foie, assez friable, n'offre de lésions que dans le lobe gauche, dont le parenchyme est creusé de galeries. Nous recueillons dans ces galeries une dizaine de jeunes Douves hépatiques, non ovigères, mesurant en moyenne 8^{mm} sur 3^{mm}.

Ces dimensions apparaissent comme bien faibles, quand on se rappelle que la Douve adulte atteint une longueur de 25^{mm} à 32^{mm}. Thomas admettait comme probable un délai de *six semaines au moins* pour que la Douve ingérée devînt adulte. Or, dans notre expérience, ce délai se trouve dépassé de 10 jours.

Nous avons relevé d'ailleurs diverses observations qui paraissent bien en rapport avec le résultat qu'elle a fourni. Par exemple, un bovin distomateux, arrivé à Alfort le 14 février et tenu à l'abri de toute nouvelle infestation, est autopsié le 27 mars : nous trouvons, dans le parenchyme hépatique, une grande quantité de jeunes Douves, parmi lesquelles un certain nombre mesurent seulement 6^{mm} à 9^{mm} de long sur 3^{mm} de large ; un exemplaire n'a même que 4^{mm} sur $1^{mm},8$. Ces parasites sont pourtant âgés de 6 semaines au minimum.

Nous avions pensé d'abord à un arrêt de développement résultant de l'invasion en masse des parasites; plus probablement s'agit-il d'une condition normale. Et comme ces Douves jeunes se trouvent, non dans les canaux biliaires, mais dans le parenchyme hépatique, on est conduit à penser que la voie d'invasion pourrait être représentée par le système circulatoire bien plutôt que par le canal cholédoque. D'ailleurs, d'autres faits d'observation viennent à l'appui de cette manière de voir. C'est ainsi que, dans les cas d'infestation massive, on observe des phlébites des veines sous-hépatiques et sus-hépatiques, voire de la veine cave postérieure. D'autre part, on a signalé, à diverses reprises, la présence de Douves dans le foie d'Agneaux (Bilhuber, Bloch) ou de Veaux à la mamelle (Waldmann, Büchli), ce qui témoigne évidemment d'une infestation intra-utérine; Frommann en a même vu chez des fœtus de Brebis. Nombreux enfin sont les observateurs qui ont recueilli des Douves dans les vaisseaux, dans le cœur et dans des organes autres que le foie.

En tout cas, l'expérience que nous avons réalisée établit que le Mouton peut s'infester par l'ingestion de Limnées contenant des Rédies cercarigères. Il est vrai que nous avons vu des Cercaires enkystées à l'intérieur même des Rédies, dans le lot de Limnées utilisé.

Mais les dimensions des Douves obtenues nous portent à admettre que leur développement, dans l'organisme de l'hôte définitif, exige bien le double du temps indiqué par Thomas, soit environ 3 mois.

Quant à la durée de la vie de ces parasites, elle peut dépasser aussi de beaucoup les limites généralement acceptées. On a prétendu que les Douves installées dans le foie vers l'automne en sont régulièrement expulsées en mai ou juin; or, nous en avons trouvé, à Alfort, dans les canaux biliaires d'un Mouton isolé et soustrait aux conditions d'infestation pendant près de 3 ans.

En ce qui concerne les Cercaires, dont nous avons pu suivre l'évolution dans l'eau jusqu'à l'enkystement, nous noterons que les deux branches intestinales, en grande partie cachées par les cellules cystogènes, offrent à leur partie externe onze à quatorze festons qui sont probablement le point de départ des ramifications intestinales de la Douve adulte. Si l'on dispose des brins de jonc dans le vase où nagent ces larves, on en voit un bon nombre s'y fixer et s'y enkyster, soit à quelque distance en dessous de la surface de l'eau, soit à la surface même. Mais cette fixation est assez légère pour qu'un faible courant puisse les entraîner : les animaux pourraient donc s'infester en buvant l'eau émanée des prairies marécageuses.

L'ingestion des Cercaires constitue-t-elle le seul mode de développement de la Douve hépatique? La question devait se poser, car, à l'autopsie des animaux atteints de distomatose, on trouve parfois, principalement chez les bovins, un nombre tellement considérable de jeunes Douves ayant perforé en tous sens le tissu du foie, qu'on est amené à l'idée d'une multiplication sur place du parasite. Les expériences de Katsurada et Hashegawa, établissant la pénétration des embryons ciliés du *Schistosoma japonicum* par la voie cutanée, et leur multiplication à l'intérieur du corps, appuyaient d'ailleurs la vraisemblance de cette hypothèse, en même temps qu'elles nous traçaient la marche à suivre pour la soumettre à vérification :

1° De nombreux embryons ciliés de *Fasciola hepatica* venant d'éclore et très actifs sont maintenus plusieurs heures en contact avec la peau rasée de deux Lapins. Ces animaux, sacrifiés au bout de 59 et 231 jours, ne montrent aucune trace de Douves.

2° De semblables embryons sont injectés dans le tissu conjonctif sous-cutané de cinq Lapins. Ceux-ci meurent ou sont sacrifiés après 52, 123, 258, 263 et 265 jours. Résultat négatif.

3° Des injections sous-cutanées sont effectuées chez une Chèvre adulte (morte de tuberculose au bout de 25 jours) et chez un Chevreau de 8 jours, sans plus de succès.

4° Mêmes résultats négatifs chez deux Lapins sacrifiés 99 et 100 jours après ingestion d'embryons.

Il semble donc bien que le développement de la Douve hépatique ne puisse résulter de l'introduction directe des embryons dans l'organisme.

GÉOLOGIE. — *Le Stéphanien inférieur (zone des Cévennes) dans la zone axiale alpine. Essai de coordination des divers niveaux du terrain houiller des Alpes Occidentales.* Note (¹) de M. **Ch. Pussenot**, présentée par M. R. Zeiller.

Dans une Note précédente (²), nous avons montré qu'une partie des grès de la zone axiale alpine était d'âge westphalien moyen; dans celle-ci nous allons examiner si l'autre partie de ces grès correspond bien à la base du Stéphanien (zone de Rive-de-Gier), comme on le croit généralement. Les espèces végétales qui nous ont servi pour cette vérification ont été déterminées par M. Zeiller.

---

(1) Présentée dans la séance du 30 décembre 1912.

(2) *Comptes rendus*, 155, p. 1564.

Maurienne. — Les assises du Col des Encombres sont assez fossilifères. Ce sont les *Pecopteris* que O. Heer et Ch. Lory y ont observés qui ont conduit les géologues à en faire l'équivalent des couches de Rive-de-Gier; mais il semble bien qu'il s'agisse là du *Pec.* cf. *oreopteridia* Schl. dont les empreintes abondent aux environs de la Léchère-d'en-Bas. Cette espèce se trouve là associée à *Nevropteris* cf. *flexuosa* Heer, *Annularia sphenophylloides* Zenker, *Ann. stellata* Schl., *Sphenophyllum oblongifolium* G. et K., *Calamites Suchowi* Brongt, *Cordaites* cf. *borassifolius* Sternb., *Cordaianthus* sp. De l'autre côté du Col, au Pic de la Masse, les mêmes couches renferment *Pec.* cf. *oreopteridia* ou peut-être cf. *Lamuriana* Heer, *Nevr. flexuosa* Heer (*non* Sternb.?) ([1]), *Cal. Suckowi* Brongt, *Stigmaria ficoides* Sternb. Leur âge stéphanien est donc considéré comme certain par M. Zeiller, mais la zone dans laquelle il convient de les placer est incertaine. Le Permien (Verrucano) se montre à quelque 100^{m} au-dessus d'elles.

Tarentaise. — Dans les pentes du Mont Saint-Jacques exposées au nord et dans les environs de Peisey affleurent des assises schisteuses paraissant appartenir à un même faisceau. A la Roche-Mâcot elles renferment *Pec.* cf. *oreopteridia* Schl., *Nevr. flexuosa* Heer, *Cal. Suckowi* Brongt, et sur la rive gauche du torrent de Sangot, un peu plus haut que les chalets des Thuilles, *Pec. Candollei* Brongt, *Pec. Lamuriana* Heer, *Callipteridium pteridium* Schl., *Cyclopteris lacerata* Heer, *Nevr. flexuosa* Heer, *Nevr. montana* Heer, *Ann. stellata* Schl., *Sphenophyllum oblongifolium* G. et K.

La comparaison de cette florule avec celle du Col des Encombres montre qu'il y a entre elles une parenté très étroite et que les couches qu'elles caractérisent appartiennent au même niveau. D'autre part, les espèces qui constituent ces florules se retrouvent dans le bassin houiller de La Mure, sauf le *Cycl. lacerata* et le *Nevr. montana*, qui est peut-être une forme du *Nevr. flexuosa* Heer. Enfin un certain nombre d'entre elles ont été citées dans les autres affleurements des Alpes.

En remontant le ravin de Sangot à partir du gisement on arrive, après s'être élevé d'environ 150^{m} dans des conglomérats, à hauteur des chalets de Preises. On voit alors apparaître dans le Houiller, sur les bords du torrent, des intercalations quartziteuses verdâtres et des bancs de grès à ciment également verdâtre. Cette formation, à facies spécial qu'on a appelé *Houiller métamorphique*, prend, à mesure qu'on s'avance vers l'Est, une puissance considérable dont on peut se faire une idée dans la haute vallée de l'Isère entre la Thuille et Tignes. A son sommet, sur le point qui nous occupe, on observe des schistes verts et noirs, très friables et onctueux au toucher, qui rappellent de façon très vive les assises inférieures du Permien du Col des Encombres et du Col de la Vallée-Etroite, dont ils sont sans doute l'équivalent. Ils supportent, en contact anormal, les quartzites du Trias.

Il résulte de ces diverses constatations que les grès à anthracite de la

---

([1]) L'espèce désignée et figurée par Heer sous le nom de *Nevr. flexuosa* paraît à M. Zeiller différente du véritable *Nevr. flexuosa* du Westphalien.

zone axiale correspondent *entre l'Arc et l'Isère en amont de Bourg-Saint-Maurice*, comme le bassin de La Mure avec lequel ils sont étroitement liés par leur flore, *à la zone des Cévennes et non à la zone de Rive-de-Gier*. Au-delà de l'Isère et jusqu'en Italie ils doivent encore être placés à ce niveau, exception faite pour le Col du Petit-Saint-Bernard et ses environs, bien qu'on n'ait à donner comme argument en faveur de cette attribution que des raisons stratigraphiques. Il est à remarquer que la zone, entre les limites qui viennent d'être indiquées, a une épaisseur considérable et que ses régions supérieures sont les seules dans lesquelles ont ait trouvé des empreintes végétales. Peut-être les régions inférieures appartiennent-elles à l'horizon de Rive-de-Gier ou au Westphalien, mais en raison de leur pauvreté en restes végétaux nous les réunissons aux premières.

Il ressort également de ces mêmes constatations que le Houiller métamorphique, dont l'apparition commence à 150^{m} au-dessus du niveau de Sangot, *peut fort bien représenter les zones supérieures du Stéphanien* sur les points où il atteint sa plus grande épaisseur (Mont Pourri).

Essai de coordination des divers niveaux du terrain houiller des Alpes occidentales. — Il est définitivement acquis qu'à Taninges les grès à anthracite appartiennent à l'extrême sommet du Westphalien supérieur, et dans les environs de La Mure à la zone des Cévennes. A Petit-Cœur, M. Zeiller les place, d'après ce qu'il a vu de leur flore, dans la zone des Cordaïtées. Dans les Grandes-Rousses ([1]), où Sc. Gras cite *Nevr. cordata* Brongt, *Odont. Brardi* Brongt, *Pec. polymorpha* Brongt, déterminés par Brongniart, et M. Kilian *Od. Reichiana* Gutb., *Pec. Pluckeneti* Schl., *Pec. cyathea* Schl., *Annul. sphenophylloides* Zenker, déterminés par M. Zeiller, nous les rangeons également dans la zone précédente. A Servoz, à Colombe, et plus spécialement dans la région d'Outre-Rhône en Valais, M. Grand'Eury ([2]) estime qu'ils ne sauraient guère être plus anciens qu'à La Mure. D'autre part, nous avons montré plus haut et dans la Note précédente que dans la zone axiale, suivant les régions considérées, ils devaient être rapportés avec certitude au Westphalien moyen et au Stéphanien inférieur (zone des Cévennes), et avec doute au Stéphanien supérieur.

Le tableau suivant résume, en les coordonnant, ces diverses attributions :

([1]) Kilian et Revil, *Études géol. dans les Alpes occid.*, t. II, fasc. 1, 1908.

([2]) *Flore carbonifère du département de la Loire et du Centre de la France*, 1877.

Stéphanien. *Zones supérieures :* représentées probablement par le Houiller métamorphique de la Tarentaise et les conglomérats de Sangot.

Zone des Filicacées : ?

Zone des Cordaïtées : Petit-Cœur, Grandes-Rousses.

Zone des Cévennes : La Mure, Servoz, Colombe, Outre-Rhône, Tarentaise, Maurienne.

Zone de Rive-de-Gier : ?

Westphalien supérieur. *Régions supérieures :* Taninges.

Westphalien moyen. *Horizons supérieur et moyen (en partie)* : Briançonnais, rive gauche de l'Arc, Col du Petit-Saint-Bernard.

Cette succession met en évidence des lacunes considérables qui peuvent s'expliquer de la façon suivante.

Vers la fin de l'époque westphalienne, le bord occidental du géosynclinal houiller s'est déplacé vers l'ouest. Ce mouvement a été le prélude d'une émersion de la partie du géosynclinal située au nord de l'Arc. L'érosion, dont les effets devaient se faire sentir sur cette partie jusqu'après les débuts de l'époque stéphanienne, a fait disparaître à peu près tout le Westphalien supérieur et entamé le Westphalien moyen (Col du Petit-Saint-Bernard). A cette phase de dénudation a succédé un affaissement qui a transformé en un bassin houiller le géosynclinal en entier et la région située plus à l'ouest (zones des Cévennes et des Cordaïtées). Mais bientôt après, un mouvement inverse se produisait et, avant la fin de l'époque stéphanienne, le bassin houiller était émergé. L'érosion en morcelait les dépôts et en mettait à nu les couches d'âge différent. Cependant un retour à la sédimentation houillère paraît être indiqué par les conglomérats et les couches métamorphiques de la Tarentaise.

SISMOLOGIE. — *Mégaséismes et phases de la lune.* Note de M. **de Montessus de Ballore**, présentée par M. Barrois.

Le catalogue des tremblements de terre de Milne se prête bien à rechercher si, conformément à une opinion ancienne et souvent énoncée, les phénomènes sismiques sont en rapport avec les phases de la lune. J'ai établi cette statistique comparative de 1792 à 1899 en divisant cette période en deux parties, de 1792 à 1849 et de 1850 à 1899. Cette seconde partie correspond à une remarquable constance du nombre annuel de mégaséismes. J'ai tenu compte aussi des intensités en comptant pour 1, 2 et 3 respectivement les phénomènes classés suivant l'échelle conventionnelle de Milne

dans laquelle le degré III correspond aux grandes catastrophes et le degré I aux tremblements de terre à peine destructeurs. Voici les résultats obtenus en divisant la durée de chaque lunaison en 28 intervalles et aussi en 12, pour voir si, dans ce second cas, les grandes irrégularités de la statistique ne s'atténueraient pas, au moins en partie. La nouvelle lune, le premier quartier, la pleine lune et le dernier quartier correspondent respectivement aux 4e, 11e, 18e et 25e intervalles, ou aux 2e, 5e, 8e et 11e. R représente, en pour cent, la différence entre un maximum et un minimum correspondants.

	Nombres de mégaséismes.							Nombres de mégaséismes, en tenant compte de leur intensité.					
		Lunaison divisée en							Lunaison divisée en				
		28 intervalles.			12 intervalles.				28 intervalles.			12 intervalles.	
		Intervalle du			Intervalle du				Intervalle du			Intervalle du	
Périodes de temps.	Totaux.	maxim.	minim.	R.	maxim.	minim.	R.	Totaux.	maxim.	minim.	R.	maxim.	minim.	R.
1792-1849..	588	21e	20e	2,72	7e	12e	2,39	914	5e	4e	3,72	3e et 7e	1er	3,50
1850-1899..	1567	16e	4e	2,74	7e	10e	3,38	1860	15e	7e et 23e	3,33	7e	10e	6,40
1792-1899..	2155	16e	4e	2,60	7e	2e	2,85	2774	15e	4e	3,10	7e	10e	4,73

A première lecture, le tableau résultant semble donner raison aux partisans d'une relation entre les mégaséismes et les phases de la lune, puisqu'il y a évidente prédominance des maximums aux environs de la pleine lune et des minimums aux environs de la nouvelle lune. Mais cette première déduction est amplement contrebalancée par les remarques suivantes :

1. Les graphiques ou tableaux détaillés (réservés pour un Mémoire spécial) présentent de telles irrégularités qu'ils sont presque incohérents et ne correspondent nullement à la représentation d'une loi naturelle;

2. La double prédominance indiquée plus haut souffre des exceptions;

3. Il y a un cas de double maximum et un autre de double minimum de mêmes valeurs, sans compter d'autres de valeurs inégales;

4. Les valeurs de R sont faibles;

5. En général, les valeurs de R sont d'autant plus faibles qu'elles correspondent à des nombres plus considérables; on est donc en droit de penser qu'elles tendraient vers zéro si l'on disposait d'un nombre beaucoup plus grand de mégaséismes à soumettre à la statistique;

6. L'influence sismogénique des phases ne s'expliquerait que par une plus forte attraction combinée de la lune et du soleil sur l'écorce ou le noyau terrestres, comme l'ont pensé Perrey et d'autres sismologues, et alors les maximums prédomineraient aux environs de la nouvelle lune et non à ceux de la pleine lune, c'est-à-dire quand les attractions s'ajoutent et non quand elles se retranchent.

Il semble donc bien que les mégaséismes ne présentent aucune relation avec les phases de la lune.

A 3 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 4 heures et demie.

Ph. v. T.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 6 janvier 1913.

Programme pour le Cours d'Hygiène industrielle du Conservatoire national des Arts et Métiers, par F. Heim. Paris, imp. F. Levé, 1912; 1 fasc. in-8°.

Travaux de M. F. Heim, *relatifs à l'Hygiène industrielle.* Paris, imp. F. Levé, 1912; 1 vol. in-8°.

Projet de programme d'un Cours d'Hygiène industrielle au Conservatoire national des Arts et Métiers et travaux et titres de M. C.-J.-F. Marboutin. Paris, imp. Charles Delagrave, s. d.; 1 fasc. in-8°.

Notes sur la Navigation aérienne, par Charles Hérisson-Laroche. Lavelanet, imp. L. Rougé, 1912; 1 fasc. in-8°.

Correction de quelques malformations nasales, par J. Moliné. Paris, Octave Doin; Bordeaux, Feret et fils, 1912; 1 fasc. in-8°.

Société de la Flore valdôtaine: bulletin n° 8. Aoste (Italie), Imprimerie catholique, 1912; 1 fasc. in-8°.

Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de Colmar: nouvelle série, t. XI, années 1911 et 1912. Colmar, imp. Decker, 1912; 1 vol. in-8°.

Archives du Musée Teyler; 3e série, t. I. Haarlem, les héritiers Loosjes, 1912; 1 vol. in-8°.

Verhandelingen utgeven door Teyler's tweede Genootschap; N. R. Dl. VIII. Haarlem, 1912; 1 vol. in-8°.

Atlante della Sardegna, che comprende l'evoluzione geologica, geografica, idrografica, etnografica e storica della sua genesi sino ad oggi, per Ignazio Longiave, corredato da tavole illustrative. Sassari, Ubaldo Satta, 1912; 1 fasc. in-4°.

Les Faunes conchyliologiques du terrain houiller de la Belgique, étudiées dans leurs rapports avec les Faunes homotaxiales du Houiller de l'Angleterre, par Wheelton Hind. (*Mémoires du Musée royal d'Histoire naturelle de Belgique;* t. VI, année 1911.) Bruxelles, distribué le 15 mai 1912; 1 fasc. in-4°.

The Institution of mechanical Engineers. Proceedings, 1912, parts 1-2. *General Index to Proceedings,* 1901-1910. Londres; 2 vol. in-8°.

ERRATA.

(Séance du 23 décembre 1912.)

Note de M. *Œchsner de Coninck*, Détermination du poids atomique de l'uranium :

Page 1511, dernière ligne, *au lieu de* 270,91, *lire* 270,61.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 JANVIER 1913.

PRÉSIDENCE DE M. F. GUYON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** fait hommage à l'Académie, au nom de M. G.-B. Guccia, Professeur ordinaire à l'Université de Palerme, Directeur des *Rendiconti del Circolo matematico* de Palerme, de la photographie d'une lettre écrite par Henri Poincaré au sujet de son dernier Mémoire « *Sur un théorème de Géométrie* », paru dans les *Rendiconti*, t. XXIII (premier semestre 1912).

Cette brochure a été tirée à 10 exemplaires seulement.

M. le **Secrétaire perpétuel** présente à l'Académie un Volume intitulé : *Mémoires sur l'électricité et l'optique*, par A. Potier, publiés et annotés par A. Blondel, avec une Préface de Henri Poincaré.

ASTRONOMIE. — *Description d'un appareil pour l'envoi automatique des signaux horaires.* Note de M. G. **Bigourdan**.

La récente Conférence internationale de l'Heure a émis le vœu qu'à partir du 1er juillet 1913 les signaux horaires soient donnés conformément au diagramme ci-après; ils comporteront, signaux d'avertissement mis à part, des points et des traits dont les durées exactes seront respectivement $0^s,25$ et $1^s,00$ avec des intervalles rigoureusement déterminés aussi.

Cette précision exige que les signaux soient donnés non à la main, mais d'une manière automatique; et c'est ce que permet de faire l'appareil, facile à réaliser, dont on va indiquer le principe.

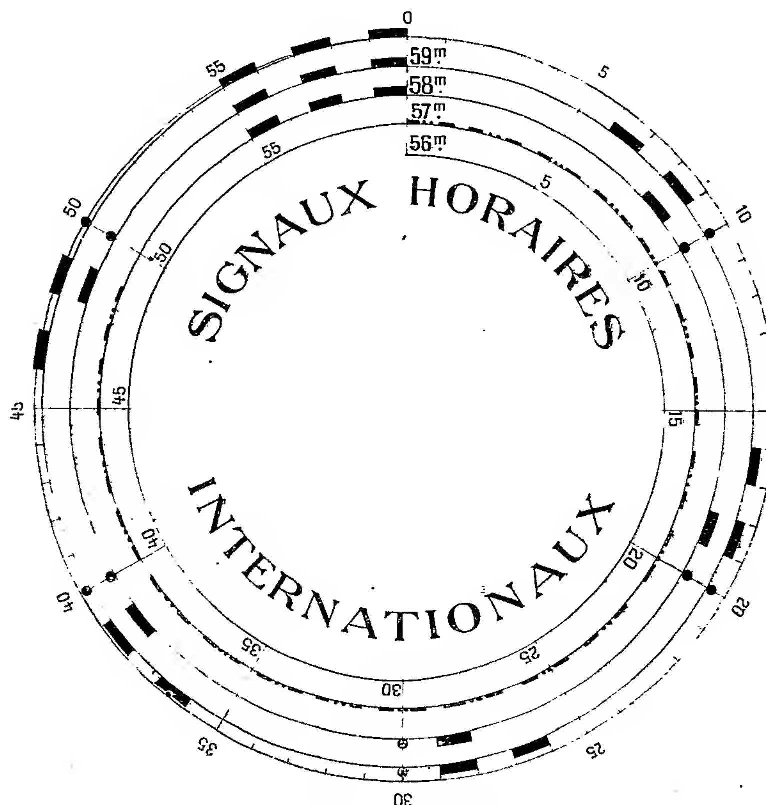


Diagramme indiquant le genre et la distribution des signaux horaires internationaux :

$57^m\ 0^s$ à $57^m 50^s$: signaux d'avertissement.
$57^m 55^s$ à $58^m\ 0^s$: signaux horaires.
$58^m\ 8^s$ à $59^m\ 0^s$ id.
$59^m\ 6^s$ à $60^m\ 0^s$ id.
} *Traits* de 1^s avec intervalles de 1^s. *Points* de $\frac{1}{4}$ de seconde.

Un cylindre métallique d'un grand diamètre tourne autour de son axe d'un mouvement uniforme. Sa surface convexe est travaillée de manière à former une vis à large pas et à filet carré.

Dans ce filet, le métal a été remplacé, par places, par une matière isolante, et les longueurs respectives des parties isolantes et des parties conductrices sont respectivement proportionnelles aux durées des silences et des signaux à obtenir.

D'autre part, un *contact*, qui appuie constamment sur la saillie du filet, se déplace dans le sens convenable et d'un mouvement sensiblement uniforme, parallèlement à une génératrice du cylindre, avec une vitesse qui lui fait parcourir un pas de l'hélice dans le temps que met le cylindre à faire un tour entier.

Avec cette disposition, et les connexions électriques convenables, il est évident qu'un courant électrique pourra traverser l'appareil chaque fois que le contact portera sur une partie conductrice : il produira donc exactement les signaux demandés.

Dans la pratique, le cylindre pourra avoir de $0^{m},10$ à $0^{m},20$ de rayon. Acceptons ce dernier chiffre, et supposons que le cylindre fasse un tour par minute : la durée de 1 seconde correspondra ainsi à 21^{mm}. Le contact, en forme de couteau orienté suivant la génératrice, peut avoir une arête réduite à moins de $0^{mm},2$; il donnera donc les durées demandées, des signaux et des silences, à moins du centième de seconde; on pourrait obtenir plus de précision encore, s'il était nécessaire, en augmentant, par exemple, le diamètre du cylindre.

On voit qu'on pourra aussi faire donner à l'appareil les signaux d'avertissement, puisqu'en allongeant le cylindre on pourra multiplier les signaux indéfiniment.

L'uniformité de la rotation du cylindre s'obtiendra en la faisant régler par une horloge, par exemple, comme dans nombre d'autres appareils. Si d'ailleurs on possède déjà un mouvement ainsi réglé, comme dans certains chronographes, on pourra lui faire entraîner également le cylindre.

Celui-ci sera fixé sur son axe par l'intermédiaire d'un rappel qui permettra les réglages, de manière à annuler sa *correction*. Pour faire ce réglage, on ajoutera quelques spires supplémentaires disposées de manière à battre la seconde, que l'on mettra en accord avec le battement de la pendule. Et si celle-ci a une correction, avec le rappel et une division tracée sur une des têtes du cylindre, on pourra encore annuler la correction de l'appareil.

Enfin, au lieu de déplacer le contact, comme il a été dit ci-dessus, on pourrait déplacer le cylindre lui-même, parallèlement à ses génératrices, ainsi que cela est réalisé dans divers enregistreurs photographiques ou autres; mais la première disposition paraît préférable.

M. **Charles Moureu**, en présentant à l'Académie un Mémoire intitulé *Recherches sur la constitution chimique de la spartéine*, qu'il vient de publier avec M. **Amand Valeur** (*Ann. Chim. Phys.*, novembre et décembre 1912), s'exprime en ces termes :

Dans cette brochure de 149 pages, se trouvent rassemblées les longues recherches expérimentales et théoriques que nous avons exécutées, M. Valeur et moi, sur la spartéine, alcaloïde du genêt.

Depuis sa découverte par Stenhouse en 1851 jusqu'en 1902, date du début de nos expériences, divers chimistes s'étaient occupés de la spartéine, notamment Mills, Bernheimer, Bamberger, Peratoner, Ahrens, Herzig et Meyer. Malgré leurs nombreux travaux, on ne savait encore que fort peu de chose sur la structure de cet alcaloïde; il subsistait même quelques doutes relativement à la formule $C^{15}H^{26}N^{2}$, que lui avait attribuée Stenhouse; certains résultats étaient en outre demeurés contradictoires. Nous entreprîmes donc une étude méthodique de la base, en vue d'éclairer sa constitution chimique.

Nos expériences ont été poursuivies presque sans interruption jusqu'à nos jours. Nous avons accumulé, en ces dix années de travail assidu, un nombre considérable de faits nouveaux. La plupart, ainsi que les conclusions que nous en avons déduites au fur et à mesure, ont déjà été communiquées, plus ou moins complètement, à l'*Académie des Sciences*, au *Bulletin de la Société chimique*, ou au *Journal de Pharmacie et de Chimie*. Il convient d'ajouter qu'en dehors de nous quelques auteurs : R. Willstätter et W. Marx, Wackernagel et Wölffenstein, Semmler, Scholtz et Pawlicki, Demandre, etc., se sont occupés, dans des sens différents, de la spartéine.

Comme il arrive fréquemment au cours de travaux de longue haleine, nos idées sur la question ont évolué à la lumière des faits, et l'on pourrait citer tel de nos Mémoires qui, eu égard à l'interprétation des résultats de l'expérience, est en contradiction avec tel autre. Il nous a donc semblé utile, sinon indispensable, d'exposer notre travail dans son ensemble, au double point de vue théorique et expérimental. C'est là l'objet du présent Mémoire, où l'on trouvera d'ailleurs nombre de détails de toute nature encore inédits.

Opérant une refonte complète du sujet, nous avons d'abord décrit nos expériences, sans nous inquiéter de l'ordre chronologique de nos publi-

cations antérieures, en suivant l'ordre logique des résultats successifs; nous les avons d'ailleurs illustrées, en cours de route, de toutes les explications théoriques jugées nécessaires. Une discussion approfondie des faits acquis suit cet exposé; elle nous permet, pour terminer, de formuler les conclusions relatives à la constitution.

Voici les résultats essentiels de nos études.

Nous avons d'abord fixé définitivement la formule de la spartéine, qui est $C^{15}H^{26}N^2$, établi ou confirmé son caractère saturé et sa nature de base bitertiaire non méthylée à l'azote, et isolé un deuxième iodométhylate, présentant avec celui qui était antérieurement connu un cas très net de stéréo-isomérie à l'azote. L'application de la réaction d'Hofmann, si utile dans l'étude des alcaloïdes, nous a fourni ensuite une série de bases non saturées: *des*-méthylspartéines, *des*-diméthylspartéines, *des*-méthylhémispartéilène, *des*-diméthylhémispartéilène, et, finalement, le spartéilène, carbure d'hydrogène six fois éthylénique, qui dérive de la spartéine par perte de 2^{mol} d'ammoniac.

Ces faits aboutissent à cette conclusion capitale, que, dans la spartéine, chaque atome d'azote est engagé par ses trois valences dans une double chaîne fermée.

Chemin faisant, nous avons obtenu un isomère de la spartéine: l'isospartéine. Sa constitution, très voisine de celle de la spartéine, en diffère par un point très précis. Nous avons prouvé qu'il existait, dans la molécule de spartéine, au moins une chaîne pipéridique, et qu'à la place de cette même chaîne pipéridique, l'isospartéine possédait une chaîne pyrrholidique.

Il y a là un ensemble de résultats qui éclairent d'un jour décisif la structure chimique de la spartéine. Quelques points secondaires restent seulement à préciser.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur la résistance des sphères dans l'air en mouvement.* Note de Lord **Rayleigh**.

Dans les *Comptes rendus* du 30 décembre 1912, M. Eiffel donne des résultats très intéressants pour la résistance rencontrée, à vitesse variable, par trois sphères de $16^{cm},2$; $24^{cm},4$ et 33^{cm} de diamètre. Dans la première figure, ces résultats sont exprimés par les valeurs d'un coefficient K, égal à $R : SV^2$, où R est la résistance totale, S la surface diamé-

trale et V la vitesse. En chaque cas, il y a une *vitesse critique*, et M. Eiffel fait remarquer que la *loi de similitude* n'est pas toujours vraie; en effet, les trois sphères donnent des vitesses critiques tout à fait différentes.

D'après la loi de similitude dynamique, précisée par Stokes et Reynolds pour les liquides visqueux, K est une fonction d'une *seule* variable $\frac{\nu}{VL}$, où ν est la *viscosité cinématique*, constante pour un liquide donné, et L est la dimension linéaire, proportionnelle à $S^{\frac{1}{2}}$. Ainsi les vitesses critiques ne doivent pas être les mêmes dans les trois cas, mais inversement proportionnelles à L. En vérité, si nous changeons l'échelle des vitesses suivant cette loi, nous trouvons les courbes de M. Eiffel presque identiques, au moins quand ces vitesses ne sont pas très petites.

Je ne sais si les écarts résiduels sont réels ou non. La théorie simple admet que les sphères sont polies, sinon que les inégalités sont proportionnelles aux diamètres, que la compressibilité de l'air est négligeable et que la viscosité cinématique est absolument constante. Si les résultats de l'expérience ne sont pas complètement d'accord avec la théorie, on devra examiner ces hypothèses de plus près.

J'ai traité autre part et plus en détail de la question dont il s'agit ici (1).

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur le sucre faiblement combiné dans le sang.* Note de MM. R. Lépine et Boulud.

Depuis nos précédentes Communications à l'Académie (2) nous avons continué à doser dans le sang du chien non seulement le sucre libre, mais celui qui se dégage *in vitro* lorsque le sang, reçu dans de l'eau à 58°, y est maintenu 15 minutes, pour détruire le ferment glycolytique, puis additionné d'émulsine ou d'invertine, et laissé à 39° pendant 45 minutes (3). Nos expériences ayant porté sur plus de 200 chiens, et ceux-ci ayant été saignés plusieurs fois (soit dans la même journée, soit à des jours différents), jusqu'à six et même huit fois, nous pouvons, d'un si grand nombre de dosages, tirer quelques conclusions.

---

(1) Voir *Scientific Papers*, t. V, 1910, p. 532-534.

(2) Voir notamment notre Communication du 13 mai 1907.

(3) Ainsi que l'indiquent nos publications antérieures, ce sucre n'est qu'une partie du sucre *virtuel*. L'autre partie, celle qui a été découverte par Pavy, ne se dégage que par le chauffage de l'extrait de sang, en présence d'un acide.

Quant à la quantité de sucre dégagée comparativement dans les sangs artériel et veineux du même animal, recueillis simultanément, nous n'avons rien trouvé de fixe : c'est tantôt le sang artériel et tantôt le sang veineux qui en dégage davantage.

Le sang d'un chien neuf en dégage relativement peu; parfois même il n'en dégage pas. Exceptionnellement nous avons trouvé que la quantité dégagée peut s'élever jusqu'à $0^g,30$.

Celle-ci est parfois beaucoup plus considérable après certaines perturbations graves de l'équilibre physiologique :

1° Voici, par exemple, le chien 2584, qui, par suite de la chute d'une ligature de la carotide, avait perdu beaucoup de sang. Quelques heures après cet accident, nous trouvons :

	Pouvoir réducteur (en glucose).
	g
Sang artériel	1,76
Sang après 15 minutes à 58°	2,24
Sang après addition d'émulsine	2,60

Ainsi, le dégagement total a été énorme ($0^g,84$). Ce cas est tout à fait exceptionnel; car, après les hémorragies, on voit plutôt que, corrélativement avec l'augmentation du sucre libre, le sucre virtuel a presque complètement disparu.

2° Après l'injection dans une veine d'environ $0^g,025$ d'amylase par kilogramme ou d'une très petite dose de pancréatine, nous avons souvent observé des dégagements de $0^g,20$ à $0^g,30$. Nous possédons douze expériences sur ce sujet.

3° Après l'injection dans le sang d'extraits de pancréas ou de foie, nous avons vu presque dans tous les cas un dégagement notable de sucre [1] (14 expériences).

4° Chez le chien phloriziné, surtout quelques heures après l'injection sous-cutanée de phlorizine, nous avons généralement constaté un dégagement très notable de sucre, soit qu'il y ait hypoglycémie, soit que le sucre du sang ait atteint un niveau un peu élevé (20 expériences). Voici un

---

(1) L'injection de ces extraits dans les veines est, en général, suivie d'hypoglycémie. Ceux du pancréas déterminent, en outre, une augmentation du pouvoir glycolytique du sang qui dure plusieurs jours, à partir du lendemain de l'injection. Même avec les extraits pancréatiques, on observe souvent le jour de l'injection une glycosurie transitoire; nous avons fait autrefois de ces glycosuries avec hypoglycémie le sujet d'une Note spéciale (*Comptes rendus*, 10 décembre 1906).

cas où il y avait hypoglycémie (la prise de sang dans les veines rénales a suivi immédiatement la prise de sang artériel). Chien 2580, phloriziné depuis plusieurs heures :

	Pouvoir réducteur (en glucose).
	g
Sang artériel	0,34
Même sang après 15 minutes à 58°	0,48
Même sang après émulsion	0,74
Sang des veines rénales	0,52
Même sang après 15 minutes à 58°	0,56
Même sang après émulsion	0,90

La quantité de sucre dégagée est à peine plus forte dans l'artère (0,40 au lieu de 0,38). Le sucre libre du sang des veines rénales est en quantité plus considérable que dans l'artère. C'est ce que nous avons indiqué dans un travail antérieur ([1]).

5° Quelques heures après l'injection intra-veineuse d'une solution de 2g de glucose par kilogramme, on peut observer, mais pas toujours, une notable augmentation du dégagement du sucre. Ainsi, dans certains cas, mais pas dans tous, une partie du sucre brusquement introduit dans le sang s'y combine. En tout cas, cette combinaison demande plusieurs heures pour se faire.

PRÉSENTATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la formation d'une liste de deux candidats qui devra être présentée à M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie pour la Chaire d'*Hygiène industrielle*, vacante au Conservatoire des Arts et Métiers.

Au premier tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat de première ligne, le nombre de votants étant 48,

M. Heim	obtient	31	suffrages
M. Frois	»	14	»
M. Marboutin	»	2	»

Il y a 1 bulletin blanc.

([1]) Lépine et Boulud, *Comptes rendus*, 1904.

Au second tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat de seconde ligne, le nombre de votants étant 50,

M. Frois	obtient	38	suffrages
M. Marboutin	»	7	»
M. Heim	»	4	»

Il y a 1 bulletin blanc.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie comprendra :

En première ligne . . . . M. **Heim**
En deuxième ligne. . . . . M. **Frois**

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** présente à l'Académie un Volume intitulé : *Mission du* Service géographique de l'Armée, *pour la mesure d'un arc du méridien équatorial en Amérique du Sud, sous le contrôle scientifique de l'Académie des Sciences*, 1899-1906. Tome VI, Fascicule I. *Ethnographie ancienne de l'Équateur*, par R. Verneau et P. Rivet.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Leonhardi Euleri *Commentationes analyticæ ad theoriam integralium ellipticorum pertinentes, edidit Adolf Krazer*. Volumen prius.

2° Deux *Rapports* de M. E.-A. Martel au Ministre de l'Agriculture, sur ses deux *Missions pour l'exploration souterraine des Pyrénées en* 1908 *et* 1909. (Présentés par M. De Launay.)

ASTRONOMIE. — *Opacimètre intégrateur pour photographies stellaires.* Note de M. **Jules Baillaud**, présentée par M. Puiseux.

La méthode de photométrie photographique la plus précise, et le plus souvent la plus simple, consiste à comparer sur une plaque photographique l'opacité O d'une plage qui a été soumise à un éclairement E de la source lumineuse que l'on veut étudier aux opacités d'une série de plages de cette même plaque, dites échelle de

teinte et qui ont été soumises à des éclairements bien connus. L'échelle de teinte permet de tracer la courbe des opacités en fonction des éclairements. Cette courbe donne alors l'éclairement E une fois mesurée l'opacité O. Cette méthode peut s'appliquer à la photométrie stellaire à condition d'employer la lumière des étoiles à former sur une plaque photographique, non pas des images des étoiles, mais des plages lumineuses. Le plus simple pour cela est de placer la plaque un peu en dehors du foyer.

Le photomètre le plus employé en astronomie pour mesurer l'opacité de ces taches stellaires est le microphotomètre d'Hartmann. L'observateur compare une image de la tache étudiée à celle d'un coin photographique en les juxtaposant et en les regardant avec un grossissement assez fort pour qu'on puisse voir le grain des couches photographiques. Il déplace le coin jusqu'à ce que la contexture des deux plages soit la même. Pour qu'une mesure faite avec cet appareil ait une signification réelle, il faut que la plage étudiée soit bien homogène. Or les plages stellaires extrafocales données par la plupart des objectifs photographiques sont formées d'une série de cercles concentriques d'opacités très différentes.

Grâce en partie à une subvention que l'Académie m'a fait l'honneur de m'accorder sur le fonds Roland Bonaparte, j'ai pu faire construire un photomètre dont j'avais décrit le projet à la réunion du dernier Congrès de la Carte du Ciel et qui permet de mesurer l'opacité d'une plage photographique quelle que soit l'hétérogénéité de cette plage.

Avec cet appareil on compare, non pas des images de la plaque et du coin, mais les éclairements produits sur un écran photométrique par les rayons lumineux qui les ont traversés. Ce résultat est obtenu à l'aide d'un système optique analogue au spectrophotomètre de Gouy. Un écran de Lummer et Brodhun se trouve au croisement des axes de deux lunettes L_1 et L_2. Au foyer principal de L_1 se trouve la plage photographique étudiée; dans le plan focal de L_2 se déplace un coin absorbant. Les faisceaux de rayons parallèles, issus de L_1 et de L_2, se réunissent après avoir traversé l'écran, ceux de L_1 directement, ceux de L_2 après réflexion sur les plages argentées et traversent une troisième lunette L_3 qui les fait converger sur un opercule. L'observateur regarde à travers l'opercule l'écran photométrique et réalise, en déplaçant le coin, l'égalité des éclairements produits par les deux faisceaux. Une quatrième lunette reçoit la lumière venant de la plaque photographique et réfléchie sur les parties argentées de l'écran. Elle permet à l'observateur de voir la région étudiée de la plaque. Cette région est celle dont l'image donnée par L_3 est circonscrite par l'opercule. Sa surface dépend des dimensions de l'opercule et du grossissement du système optique, c'est-à-dire du rapport des longueurs focales de L_3 et de L_1. On peut étudier ainsi des plages de $0^{mm},2$ à 5^{mm}.

Lorsque la tache stellaire est très hétérogène, en particulier si la couronne qui est immédiatement circonscrite par l'opercule est notablement plus claire que la partie centrale, les plages de l'écran photométrique apparaissent bordées de liserés brillants qui changent d'aspect au moindre mouvement de l'œil. Les pointés manquent alors de sûreté. On remédie à ce défaut en plaçant contre l'opercule l'objectif d'un petit viseur qui pointe sur l'écran photométrique et qui est muni d'un oculaire tel que l'anneau oculaire, image de l'opercule, puisse se former sur la pupille même de l'observateur. Les plages de l'écran sont encore bordées d'un liséré brillant, mais leur aspect est absolument stable. Le liséré ne diminue pas la précision des pointés, à condition d'employer un écran à contrastes au lieu de l'écran ordinaire à égalisation. Dans ces conditions, l'opacimètre est vraiment un opacimètre intégrateur qui totalise les éclairements produits sur l'écran par les rayons lumineux issus des différents points de la tache stellaire. Un écran vert en gélatine colorée, placé contre l'objectif de L_3, donne aux plages à comparer exactement la même teinte. L'éclairage nécessaire pour lire et inscrire les pointés est donné par une lampe rouge, ce qui ne détruit pas la sensibilité de l'œil à la lumière verte.

Le diamètre des taches stellaires varie avec le tirage de la plaque par rapport à l'objectif photographique, et, pour un tirage donné, avec la position de l'image sur le cliché. D'un même côté du foyer les taches restent semblables entre elles, même pour d'assez grandes différences de tirage. On déduit le rapport des flux lumineux envoyés par deux étoiles du rapport des éclairements qui ont produit sur la plaque les deux taches stellaires en multipliant ces deux éclairements par le rapport inverse des surfaces des taches. Si les taches sont bien homogènes, le diamètre de l'opercule avec lequel on mesure leur opacité est indifférent, pourvu qu'il soit plus petit que celui de la tache. Si les taches ne sont pas homogènes, il faut, pour comparer deux taches de diamètres différents, prendre deux opercules qui circonscrivent sur les taches des disques homologues. De nombreuses expériences faites sur des étoiles artificielles dont on pouvait mesurer exactement les intensités montrent que, cette précaution prise, on peut déduire à un cinquantième de grandeur près, le rapport des flux lumineux envoyés par deux étoiles, d'après des comparaisons de taches stellaires hétérogènes et de diamètres différents. On obtient une précision plus grande si les taches sont à peu près homogènes, en particulier si elles sont limitées par une couronne plus noire que le centre au lieu que de l'être par une couronne plus claire. Si l'on peut se contenter d'une précision d'un dixième de grandeur, on

peut éviter la correction tenant au diamètre en choisissant un opercule qui encadre exactement la plus grande des images. Pour les images plus petites il s'établit une certaine compensation entre l'augmentation de lumière provenant du liséré blanc qui les sépare de l'opercule et l'augmentation de leur opacité provenant de la plus grande concentration de la lumière qui les a formées.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les transformations les plus générales des équations aux dérivées partielles du second ordre.* Note [1] de **M. P.-E. Gau.**

Étant données des fonctions x, y, z, x', y', z' de deux variables u et v, je poserai

$$\frac{\partial^{i+k} x}{\partial u^i \partial v^k} = \xi_{i,k}, \qquad \frac{\partial^{i+k} y}{\partial u^i \partial v^k} = \eta_{i,k}, \qquad \frac{\partial^{i+k} z}{\partial u^i \partial v^k} = \zeta_{i,k};$$

d'une manière analogue, $\xi'_{i,k}$, $\eta'_{i,k}$, $\zeta'_{i,k}$ représenteront les dérivées de x', y', z'. Cela posé, considérons un système d'équations de la forme

$$\text{(I)} \qquad F_\alpha(x, y, z, \xi, \eta, \zeta;\ x', y', z', \xi', \eta', \zeta') = 0 \qquad (\alpha = 1, \ldots, \lambda)$$

contenant les fonctions x, y, z, x', y', z' et leurs dérivées jusqu'à un certain ordre fini. A toute surface (S'), d'équation $z' = z'(x', y')$, le système (I) fera correspondre un certain ensemble de surfaces (S) d'équation $z = z(x, y)$; pour obtenir ces dernières on posera, par exemple, $x' = u$, $y' = v$; le système (I) deviendra un système d'équations aux dérivées partielles entre les fonctions x, y, z des deux variables x', y'. Toute solution de ce système, s'il en existe, sera de la forme $x = x(x', y')$, $y = y(x', y')$, $z = z(x', y')$ et représentera une surface (S). De même, à toute surface (S) on peut faire correspondre un ensemble de surfaces (S') par une opération analogue. Les transformations ainsi définies sont évidemment réciproques.

En général, le système (I) n'admettra de solution en x, y, z, que si la surface (S') choisie satisfait à certaines conditions; on obtiendra ces conditions en éliminant, entre les équations (I) et celles qu'on peut en déduire par des dérivations, les fonctions inconnues x, y, z et leurs dérivées, après avoir posé $x' = u$, $y' = v$.

On obtiendra ainsi un système différentiel (E'); de même les surfaces (S),

---

(1) Reçue dans la séance du 23 décembre 1912.

transformées par le système (I), sont les intégrales d'un système différentiel (E) : nous dirons que les systèmes se déduisent l'un de l'autre par la transformation (I).

Je supposerai, dans ce qui suit, que les systèmes (E) et (E′) se réduisent respectivement à une seule équation du second ordre

$$\text{(E)} \qquad f(x, y, z, p, q, r, s, t) = 0,$$
$$\text{(E}'\text{)} \qquad f'(x', y' z', p', q', r', s', t') = 0,$$

les lettres employées ayant leur signification habituelle.

Les transformations définies entre ces équations par un système tel que (I) sont infiniment plus générales que celles qui ont été considérées jusqu'à présent, et en particulier que celles de Bäcklund.

Trois cas peuvent se présenter :

1° A toute intégrale de l'une des équations, le système (I) fait correspondre un ensemble d'intégrales de l'autre équation dépendant d'un nombre fini de constantes arbitraires;

2° A toute intégrale de (E′), par exemple, correspond un ensemble d'intégrales (S) dépendant d'un nombre fini de constantes arbitraires, mais il existe des intégrales (S) auxquelles correspond un ensemble d'intégrales (S′) dépendant d'une infinité de constantes arbitraires;

3° Il existe, pour chaque équation, un ensemble d'intégrales dépendant d'une infinité de constantes arbitraires, tel que, à toute intégrale de l'un des groupes, correspondent toutes les intégrales de l'autre groupe.

J'ai démontré que, dans les deux premiers cas tout au moins, les transformations considérées conservent les caractéristiques; c'est-à-dire que si l'on appelle

$$x' = x'(t), \qquad y' = y'(t), \qquad z' = z'(t)$$

les équations d'une caractéristique sur une surface (S′), et si l'on substitue ces valeurs dans les équations

$$x = x(x', y'), \qquad y = y(x', y'), \qquad z = z(x', y')$$

d'une surface (S) correspondante, on obtient les équations d'une caractéristique de cette surface (S).

La méthode suivie permet également de déterminer l'ordre de cette dernière caractéristique sur la surface (S), connaissant l'ordre de la caractéristique sur la surface (S′).

Dans ces conditions, si l'on sait résoudre le problème de Cauchy pour l'une des équations (E) ou (E′), on saura le résoudre pour l'autre; les deux

équations sont intégrables en même temps par la méthode de M. Darboux.

Voici un exemple de transformation rentrant dans la catégorie étudiée. Soit l'équation du second ordre

$$r + as + bt + \frac{1}{2}(s + mt)^2 + dp + eq + \alpha z + \beta = 0, \tag{1}$$

où a, b, m, d, e, α, β sont des fonctions de x et de y. Si l'on pose

$$x' = x, \qquad y' = y, \qquad z' = s + mt,$$

l'élimination de x, y, z et des dérivées de z conduit à une équation du second ordre, *linéaire par rapport aux dérivées secondes*

$$r' + (a + z')s' + (b + mz')t' = f(x', y', z', p', q'),$$

à condition que les coefficients a, b, m, d, e, α vérifient quatre relations particulières.

D'ailleurs la transformation précédente n'est pas une combinaison de transformations de Bäcklund, car l'équation (1), si l'on y considère r, s, t comme les coordonnées d'un point de l'espace, représente une surface du genre paraboloïde; la correspondance des caractéristiques est manifeste dans ce cas.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les caractéristiques des systèmes d'équations aux dérivées partielles.* Note de M. **Maurice Janet**, présentée par M. Hadamard.

On sait que des théorèmes fondamentaux [1] prouvent l'existence de l'intégrale générale d'un système donné d'équations aux dérivées partielles, en spécifiant la nature et le nombre des arbitraires dont elle dépend; mais ces théorèmes ne font pas connaître de quelle manière la position spéciale des multiplicités qui portent les données peut intervenir dans la détermination d'une solution : c'est ce que je me propose de faire ici en indiquant ce qu'il faut entendre par *multiplicités caractéristiques* au sens de Beudon et de M. Hadamard [2] pour les systèmes que j'envisage.

---

(1) Riquier, *Les systèmes d'équations aux dérivées partielles.* — Delassus, *Ann. Éc. Norm.*, 1896.

(2) Beudon, *Comptes rendus*, t. 124, p. 671. — Hadamard, *Leçons sur la propagation des ondes* et *Bull. Soc. math.*, 1906.

1. Un système S d'équations aux dérivées partielles peut se mettre, à l'aide d'un certain nombre de dérivations et d'éliminations, sous la forme

(1)	Un système S_p	de N_p	équations d'ordre p	indépendantes relativement aux dérivées d'ordre p	
	» S_{p-1}	» N_{p-1}	» $p-1$	»	$p-1$
	....	...	...	...	...
	» S_{p-q}	» N_{p-q}	» $p-q$	»	$p-q$

cette forme possédant diverses propriétés importantes :

1° Toute équation d'ordre inférieur ou égal à p à laquelle satisfont toutes les solutions du système est une conséquence algébrique [1] des équations écrites.

2° Le système S_{p+k} $(k > 0)$ des N_{p+k} équations indépendantes d'ordre $p+k$ auxquelles satisfont toutes les intégrales se déduit de S_p par un procédé régulier.

Les systèmes $S_p, \ldots, S_{p+k}$ sont respectivement linéaires par rapport aux dérivées d'ordre $p, \ldots, p+k$.

La forme précédente peut s'obtenir par la simple application de la méthode de M. Delassus.

2. Soient $x_1, \ldots, x_n$ les variables indépendantes ; supposons que le système ne renferme qu'une fonction inconnue. Si l'on égale à zéro les formes caractéristiques des équations S_p, $\Sigma a_{i_1,\ldots,i_n} P_1^{i_1} \ldots P_n^{i_n}$, en y regardant les P comme des coordonnées courantes et les quantités figurant dans les a comme des paramètres, le système algébrique obtenu représente une certaine multiplicité dans l'espace $(P_1, P_2, \ldots, P_n)$. On peut déduire d'une remarque de M. Delassus [2] la suivante : la condition nécessaire et suffisante pour que le théorème de M. Delassus fasse dépendre la solution de γ_1 fonctions de $n+1$ variables, ..., γ_i de $n-i$ $(i \leq n-1)$, ... (et d'un nombre quelconque fini de constantes) est que la multiplicité précédente se compose d'une multiplicité à $n-1$ dimensions de degré γ_1, ... d'une à $n-i$ dimensions de degré γ_i, ... Considérons seulement le cas où les arbitraires se réduisent à γ_1 fonctions de $n-1$ variables (outre des constantes). Si l'on égale à zéro le facteur commun H de degré γ_1 qu'ont alors les formes caractéristiques et si

---

[1] Conséquence, lorsqu'on regarde les variables, les fonctions inconnues et leurs dérivées comme autant de variables indépendantes.

[2] *Comptes rendus*, t. 123, p. 546.

l'on pose $P_i = \frac{\partial f}{\partial x_i}$, on obtient une équation définissant les surfaces $f(x_1, \ldots, x_n) = 0$ que l'on doit appeler *caractéristiques*.

3. Passons au cas de plusieurs fonctions inconnues, u, v, w. Soit une des équations du système S_p de la forme (1) :

$$\sum a_{i_1,\ldots,i_n} \frac{\partial^p u}{\partial x_1^{i_1} \ldots \partial x_n^{i_n}} + \sum b_{i_1,\ldots,i_n} \frac{\partial^p v}{\partial x_1^{i_1} \ldots \partial x_n^{i_n}} + \sum c_{i_1,\ldots,i_n} \frac{\partial^p w}{\partial x_1^{i_1} \ldots \partial x_n^{i_n}} + l = 0,$$

et les déterminants qu'on peut former avec trois quelconques d'entre elles

$$\left\| \sum a_{i_1,\ldots,i_n} P_1^{i_1} \ldots P_n^{i_n}, \quad \sum b_{i_1,\ldots,i_n} P_1^{i_1} \ldots P_n^{i_n}, \quad \sum c_{i_1,\ldots,i_n} P_1^{i_1} \ldots P_n^{i_n} \right\|$$

La condition nécessaire et suffisante pour que la solution du système S *dépende de fonctions arbitraires de n variables est que ces déterminants soient tous identiquement nuls.*

S'il n'en est pas ainsi, le système algébrique obtenu en les égalant à zéro représente dans l'espace $(P_1, P_2, \ldots, P_n)$ certaines multiplicités; nous supposerons qu'elles se réduisent à une multiplicité à $n - 1$ dimensions, de degré γ_1, $H = 0$; ce cas comprend celui où le théorème de M. Delassus introduit γ_1 fonctions arbitraires de $n - 1$ variables (et des constantes), mais est plus large. Posons encore $P_i = \frac{\partial f}{\partial x_i}$; l'équation $H = 0$ définit les surfaces $f = 0$, qu'on doit appeler *caractéristiques*.

4. Justifions (¹) cette définition en nous bornant ici au point de vue formel et aux circonstances générales :

Si, pour une solution (analytique), on connaît les valeurs de u, v, w et de leurs dérivées (²) jusqu'à l'ordre $p - 1$ sur une surface Σ passant par O, la valeur de H en O n'étant pas nulle, les dérivées d'ordre $p, p+1, \ldots$, sont parfaitement déterminées.

Si, pour une solution (analytique), on connaît les valeurs de u, v, w et de leurs dérivées (²) jusqu'à l'ordre $p - 1$, sur une surface Σ' passant par O,

---

(1) Cf. HADAMARD, *Leçons sur la propagation des ondes*.

(2) Ces valeurs ne sont pas arbitraires ; les relations auxquelles elles satisfont, inutiles à indiquer ici, sont d'ailleurs de nature différente dans les deux cas.

cette surface étant caractéristique simple (¹), les dérivées d'ordre p, $p+1$, ... dépendent respectivement de fonctions $\rho, \rho_1, \ldots$ d'un point de la surface Σ', assujetties aux équations linéaires du premier ordre :

$$\sum \frac{\partial H}{\partial P_i}\frac{\partial \rho}{\partial x_i} + a\,\rho + b = 0,$$

$$\sum \frac{\partial H}{\partial P_i}\frac{\partial \rho_1}{\partial x_i} + a_1\rho_1 + b_1 = 0.$$

Les caractéristiques (au sens de Cauchy) de ces équations sont des courbes définies par les équations

$$\frac{dx_1}{\left(\frac{\partial H}{\partial P_1}\right)} = \frac{dx_2}{\left(\frac{\partial H}{\partial P_2}\right)} = \ldots = \frac{dx_n}{\left(\frac{\partial H}{\partial P_n}\right)};$$

elles seront appelées *bicaractéristiques* : on peut choisir $\rho, \rho_1, \ldots$ en un point de chacune d'elles.

CHRONOMÉTRIE. — *Application d'une méthode optique de coïncidences à la transmission de l'heure.* Note (²) de MM. SCHWARTZ et VILLATTE, présentée par M. Lippmann.

On connaît la méthode acoustique qui permet de transmettre l'heure à de grandes distances par fil et sans fil.

Elle a été exposée à diverses reprises dans les *Comptes rendus* de ces dernières années; mais on ne se trouve pas toujours dans des conditions qui permettent de les utiliser.

Nous disposions de deux appareils de télégraphie optique de 14^{cm}, du type militaire à acétylène, d'une pendule Leroy à entretien électromagnétique et à contact réglable, ainsi que de chronomètres battant la demi-seconde. Munis de ces instruments, nous avons recherché quelle était la meilleure façon de les utiliser pour la détermination de nos différences de longitudes, en employant dans tous les cas la méthode des coïncidences. Après une série de recherches, nous nous sommes arrêtés à l'adoption de deux procédés.

(¹) C'est-à-dire que $\frac{\partial H}{\partial P_i}$ ne s'y annule pas quel que soit i.

(²) Présentée dans la séance du 6 janvier 1912.

Le premier, que nous appelons *procédé optique*, consiste en l'installation d'un dispositif tel que chaque battement de la pendule corresponde à un éclat lumineux.

Ce dispositif est simple :

Sur le corps d'une lunette AA' on a fixé une boîte C, laquelle est traversée par la lunette BB', la boîte C ne servant que de support à la lunette BB' : on a enlevé toutes les lentilles de celles-ci, ne laissant que l'œilleton de l'oculaire en B (*fig.* 1).

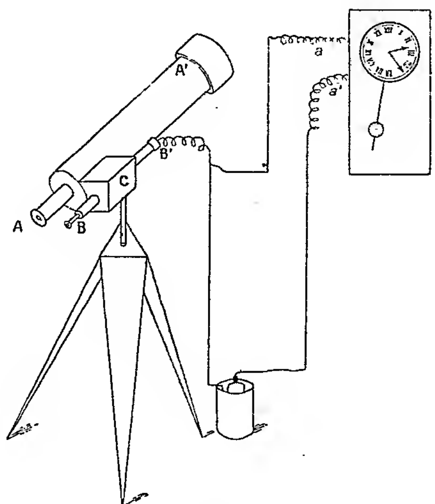


Fig. 1.

A la place de l'objectif en B on a mis un bouchon C traversé par une petite lampe électrique de 2 volts. Le bouchon C étant en place, l'intérieur de la lunette BB' est complètement obscur lorsque le circuit aa' de la pendule P est ouvert. De plus, la

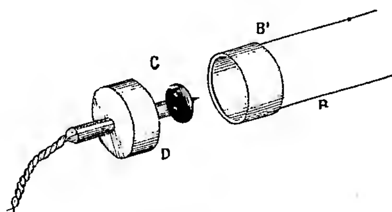


Fig. 2.

petite lampe électrique D est enveloppée de papier noir. Un très petit trou est percé dans cette enveloppe afin de permettre à l'observateur de voir seulement un point brillant à l'infini quand le circuit aa' est fermé par la pendule P.

Si l'on a soin de placer les oculaires des deux lunettes à l'écartement exact des yeux de l'observateur, on voit très nettement dans le champ de la lunette A le signal lumineux émis dans la lunette B (*fig.* 2).

Le système étant pointé sur le feu lointain du correspondant, l'observateur voit en même temps son feu local et le feu lointain, et il lui est très facile de noter l'instant de la coïncidence.

Pour l'observation des coïncidences on avait décalé la pendule de façon qu'elle donnât une coïncidence toutes les 70 secondes environ avec un chronomètre temps moyen battant la demi-seconde. On arrive facilement à régler le contact de la pendule qui commande le signal local pour que la durée des deux éclats soit perçue de façon identique dans la lunette.

Ce procédé nous a donné d'excellents résultats.

Le second procédé est mixte : mi-partie optique, mi-partie auditif.

L'observateur reçoit les signaux lumineux de la station lointaine en même temps qu'il écoute au téléphone les battements du chronomètre local ; au moment de la coïncidence, les perceptions lumineuses et sonores se superposent et, avec un peu d'habitude, il est facile d'en déterminer l'instant.

Après nous être assurés, à faible distance, de la précision des comparaisons chronométriques obtenues par ces moyens, nous en avons fait l'application sur le terrain à des distances variant entre 6^{km} et 45^{km}, M. Schwartz observant par le deuxième procédé et M. Villatte par le premier.

Le Tableau ci-dessous donne les résultats de la comparaison des chronomètres notés par chacun des observateurs :

Entre Baky et Macenta, distance 6 kilomètres. Différences des heures des chronomètres notées par MM. Schwartz et Villatte.		Entre Baky et Diorodongou. distance 25 kilomètres. Différences des heures des chronomètres notées par MM. Schwartz et Villatte.		Entre Macenta et Sérédou, distance 43 kilomètres. Différences des heures des chronomètres notées par MM. Schwartz et Villatte.	
Schwartz.	Villatte.	Schwartz.	Villatte.	Schwartz.	Villatte.
1re série : 8 heures.		1re série : 8 heures.		1re série : 8 heures.	
$2^h 01^m 25^s,78$	$2^h 01^m 25^s,72$	$1^h 15^m 40^s,26$	$1^h 15^m 40^s,30$	$1^h 48^m 17^s,46$	$1^h 48^m 17^s,43$
$2^h 01^m 25^s,76$	$2^h 01^m 25^s,74$	$1^h 15^m 40^s,28$	$1^h 15^m 40^s,31$	$1^h 48^m 17^s,48$	$1^h 48^m 17^s,44$
2e série : 10 heures.		2e série : 10 heures.		2e série : 10 heures.	
$2^h 01^m 25^s,48$	$2^h 01^m 25^s,43$	$1^h 15^m 40^s,03$	$1^h 15^m 40^s,07$	$1^h 48^m 17^s,76$	$1^h 48^m 17^s,72$
$2^h 01^m 25^s,48$	$2^h 01^m 25^s,41$	$1^h 15^m 40^s,03$	$1^h 15^m 40^s,09$	$1^h 48^m 17^s,78$	$1^h 48^m 17^s,73$

Ces résultats ont été obtenus en envoyant les signaux à la main ; toutes les deux secondes, un point lumineux correspondant au battement du chronomètre est envoyé. Il serait évidemment très facile d'augmenter encore la précision de la méthode en organisant un dispositif de commande électrique par la pendule pour l'envoi des signaux. Nous n'avons pas pu réaliser cela sur le terrain, faute des relais et électro-aimants nécessaires.

Quoi qu'il en soit et même dans ces conditions défectueuses, le Tableau ci-dessus montre qu'on peut compter sur des comparaisons au $\frac{1}{20}$ de seconde.

Le procédé est donc susceptible d'une précision suffisamment grande pour être en harmonie avec la précision de la détermination de l'heure au moyen de l'astrolabe modèle géodésique : il est aussi très simple, n'exige pas de matériel compliqué et long à installer et peut, par conséquent, être employé avec fruit en maintes circonstances.

PHYSIQUE. — *Sur la théorie du rayonnement noir.* Note de M. **Marcel Brillouin.**

1. On sait, par l'un des derniers Mémoires de Henri Poincaré, que l'hypothèse paradoxale des quanta est une conséquence inévitable de l'expérience, *quand on suppose que les résonateurs par lesquels on représente la matière émissive et absorbante sont rigoureusement monochromatiques.*

Cette dernière hypothèse m'a toujours paru être d'une simplicité mathématique excessive et que rien ne justifie, au point de vue expérimental. Il importe donc d'examiner d'un peu près les conséquences de son abandon.

Considérons un système formé d'un électron circulant autour d'une masse centrale, avec une énergie mutuelle $E(r)$ à la distance r. Si le mouvement obéit à la loi des aires et à la conservation de l'énergie, on sait que le mouvement est plan et régi par les formules

$$r^2\omega = 2A, \qquad r^2\omega^2 + \left(\frac{\partial r}{\partial t}\right)^2 = \frac{2}{m}[E_0 - E(r)]:$$

ω, vitesse angulaire; A, constante des aires; E_0, constante de l'énergie; m, masse du mobile ; d'où l'on tire

$$t = \int_{r_1}^{r} \frac{dr}{\sqrt{\frac{2}{m}[E_0 - E(r)] - \frac{4A^2}{r^2}}}.$$

Je suppose que l'énergie soit une fonction de la distance telle que l'équation

$$E_0 - E(r) - 2m\frac{A^2}{r^2} = 0$$

ait deux racines réelles positives $r_1 < r_2$, lorsque E_0 et A sont compris dans de très larges limites; que le radical soit réel dans l'intervalle, et tel que l'intégrale de r_1 à r_2 ait une valeur finie $\frac{T}{2}$.

Le mouvement ainsi défini est alors périodique et la période T dépend des deux constantes E_0 et A, d'une manière continue : $T = F(E_0, A)$. Une quelconque des quantités liées au mouvement, coordonnées, vitesses, accélérations, ou une fonction quelconque de ces quantités, varie aussi périodiquement. Chacune de ces fonctions est développable en série de Fourier par rapport au temps, ce qui la décompose en une infinité de termes d'amplitudes *et de phases* déterminées en fonction de E_0 et de A, dont les périodes $T, \frac{T}{2}, \ldots, \frac{T}{n}, \ldots$ forment une suite discontinue.

Prenons comme origine du temps l'époque où la distance est minimum r_1 et posons

$$\psi(\rho, E_0, A) = \frac{2}{m}[E_0 - E(\rho)] - 4\frac{A^2}{\rho^2}.$$

Une fonction quelconque $f(r)$ est donnée en fonction du temps par la série de Fourier

$$f(r) = \frac{2}{T}\int_{r_1}^{r_2} \frac{f(\rho)\,d\rho}{\sqrt{\psi}} + \frac{4}{T}\sum_{n=1}^{n=\infty} \cos 2\pi \frac{nt}{T} \int_{r_1}^{r_2} \frac{f(\rho)\,d\rho}{\sqrt{\psi}} \cos\left(\frac{2n\pi}{T}\int_{r_1}^{\rho}\frac{d\rho}{\sqrt{\psi}}\right).$$

2. Voici maintenant la remarque qui permet d'espérer que ce genre de résonateurs ne conduira pas à une impasse : la même période τ n'existe, à titre d'harmonique, que dans les mouvements dont les périodes fondamentales sont $\tau, 2\tau, \ldots, n\tau, \ldots$ (n entier positif). Les résonateurs dans lesquels se trouve cette période τ correspondent à des énergies totales E_0 et à des aires liées par l'équation

$$F(E_0, A) = n\tau \qquad (n \text{ entier positif}).$$

L'énergie totale des résonateurs dans lesquels reparaît la même période τ forme une suite discontinue (à aire A constante) *correspondant aux valeurs successives de l'entier n.*

Il en est de même évidemment de l'énergie *cinétique* partielle relative à la période τ (1). L'énergie cinétique totale relative à la période τ, due à l'ensemble des résonateurs (en nombre pratiquement infini), sera donc représentée, non par une intégrale, mais par une série, ce qui paraît nécessaire pour arriver à une formule du type de celle de Planck.

(1) Le partage de l'énergie potentielle en termes correspondant à chaque fréquence n'aurait pas de sens, à moins de conditions qu'il serait trop long de discuter ici.

3. On peut remarquer, d'autre part, que l'obtention de toutes les fréquences au moyen d'un seul type de système vibrant, par variation de l'énergie d'oscillation, est plus satisfaisante et paraît plus près de la réalité que l'hypothèse d'une infinité de vibrateurs monochromatiques.

L'identité du rayonnement noir provoqué par tous les corps dans une enceinte réfléchissante résulterait de l'identité de loi d'énergie $E(r)$ en fonction de la distance, à un facteur près différent d'une substance à une autre.

La loi du rayonnement noir serait liée assez directement à $E(r)$ et pourrait servir à déterminer cette fonction. Mais, pour préciser ce point, il faut parler des relations du corps vibrant avec l'éther.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur l'occlusion des produits du radium.* Note de M. **Costanzo**. (Extrait.)

Les expériences de Curie [1] avaient conduit à ne pas admettre l'*occlusion* prolongée de l'émanation du radium dans les métaux, mais il n'avait essayé que l'aluminium, le cuivre, le plomb, le bismuth, le platine, l'argent.

En partant de la propriété très remarquable du palladium, d'absorber et de condenser d'énormes quantités d'hydrogène et même de très petites quantités de certains liquides, j'ai pensé à vérifier si ce métal avait des propriétés analogues pour les produits de désintégration du radium.

J'ai employé, dans mes recherches, des disques circulaires de palladium pur (préparés pour cet objet par la maison de produits chimiques Kahlbaum, de Berlin), de 2^{cm} de diamètre; de 1^{mm}, $0^{mm},50$, $0^{mm},10$ d'épaisseur. Après les avoir soigneusement nettoyés et lavés à l'éther, je les ai introduits dans l'enceinte d'activation constituée par une cloche renfermant le produit activant. Celui-ci était du chlorure de baryum radifère, dont la teneur en radium pur était voisine de 1^{mg}. J'ai disposé parallèlement à la couche activante les trois disques, appuyés sur une grille de fils métalliques à mailles très écartées l'une de l'autre.

En même temps et dans les mêmes conditions, j'ai introduit dans l'enceinte trois disques de caoutchouc et trois disques en laiton, dont les dimen-

---

[1] *Œuvres de Pierre Curie*, p. 479.

sions correspondaient respectivement à celles des disques de palladium. Ces disques devaient me servir de terme de comparaison dans les mesures. J'ai prolongé le séjour des disques dans l'enceinte activante pendant 48 heures.

En ne reproduisant pas ici les détails des mesures et les courbes que j'en ai déduites, les observations conduisent aux résultats suivants :

1° Le laiton suit les lois établies par M. Curie sur la radioactivité induite des métaux ;

2° Le palladium présente le phénomène de l'occlusion des produits de désintégration du radium à peu près au même degré que le caoutchouc, pour des lames assez minces ;

3° L'épaisseur des lames activées paraît avoir, dans les phénomènes d'occlusion, une petite influence qui n'est pas encore assez définie mais qui cependant est appréciable ;

4° Pour des lames épaisses, et dans les mêmes conditions d'expérience, l'activité que l'on observe quand on retire la lame de l'enceinte activante, est, au début, plus forte avec le palladium qu'avec le caoutchouc.

Une application immédiate que l'on peut faire de ces conclusions est de remplacer les fils métalliques employés pour l'étude de la radioactivité induite, spécialement dans l'atmosphère, par les fils de palladium.

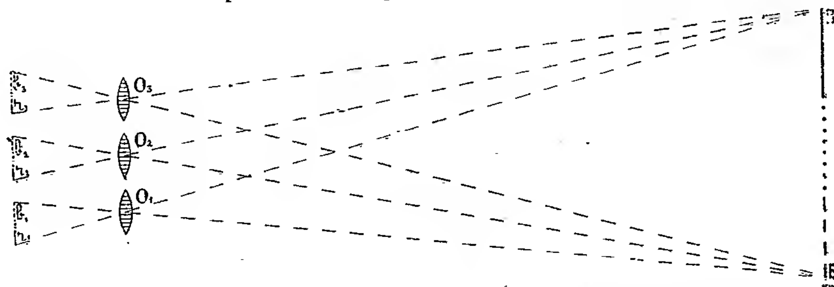
Une application plus importante des phénomènes d'occlusion radioactive se rapporte au dosage du radium. Comme la quantité des produits de radium absorbée par une lame de surface et d'épaisseur données est, pour une exposition convenablement longue et dans des conditions d'expérience identiques, proportionnelle à la quantité de radium qui se trouve dans l'enceinte activante, on aura une méthode simple de dosage du radium.

PHOTOGRAPHIE. — *Sur la possibilité théorique d'un dispositif réversible pour la reconstitution automatique des couleurs naturelles en projection.* Note de M. **Adrien Guébhard**, présentée par M. G. Lippmann.

Les remarquables tentatives, déjà réussies, de cinématographie en couleurs [1] pourraient, semble-t-il, être simplifiées par une application stricte du principe de la réversibilité, qui domine toute l'optique géométrique.

[1] L. Gaumont, *Vues cinématographiques en couleurs naturelles* (*Bull. Soc. fr. de Photographie*, 3e série, t. III, 1912, p. 370-371).

Soit un objectif O_1, d'assez brève longueur focale pour que son plan focal principal $b_3 r_1$ soit celui de la formation de l'image $b_1 r_1$ de tout objet tant soit peu éloigné RB : il est connu que, si cette image émettait à son tour des rayons, ceux-ci redonneraient, à travers l'objectif inchangé, devenu projecteur, une image nette de l'objet, dans sa grandeur et position primitives RB, toutes aberrations de réfrangibilité se trouvant automatiquement corrigées.



Ceci étant vrai d'un objectif quelconque, il est clair que si l'on en réunit une batterie, O_2, O_3, etc., ayant en commun le plan focal principal postérieur [1], il suffira d'éclairer, dans leurs positions respectives sur celui-ci, toutes les images, rendues positives [2], pour obtenir, à la place primitive de l'objet, par le retour inverse des rayons, à travers les mêmes dioptres, une autre image positive *unique*, résultant de la fusion *automatique* de toutes les autres en une seule, dont l'éclat sera proportionnel à la somme des éclairements des diapositives.

D'où un moyen puissant pour multiplier par le nombre des objectifs, ou à peu près, l'éclat des projections ordinaires.

Mais il y a plus. Supposons chacun des objectifs muni, pour son double rôle, d'un des écrans sélecteurs de la méthode trichrome. Il est évident qu'il suffira de replacer dans le plan focal le film positif noir, fortement éclairé [3], pour obtenir, toujours automatiquement, la recomposition, en une seule, des n composantes élémentaires colorées, dont la fusion, pour peu qu'elles aient été bien choisies, devra restituer exactement les couleurs originelles.

Ainsi se trouverait supprimée une des difficultés dont a eu à triompher laborieusement M. Gaumont, celle de la superposition des trois images dans la projection.

---

(1) Ou seulement le plan focal conjugué du plan de l'objet.

(2) Soit indirectement par la méthode ordinaire, soit directement, en achevant simplement à la lumière du jour le développement commencé dans le rouge (voir *Comptes rendus*, t. 145, 1907, p. 792).

(3) Il est clair aussi que, pour pouvoir utiliser le film négatif, il suffirait de substituer à chaque écran un autre, rigoureusement complémentaire.

Ne pourrait-on pas aussi, en faisant tomber les diapositives dans le sens de la largeur (au besoin augmentée) du ruban, éviter l'autre inconvénient grave auquel il a fallu obvier, celui du doublement de la longueur et des espaces d'intermittence ?

En tout cas, s'il reste comme sujétion d'avoir à régler plus ou moins la distance des prises de vues sur celle des projections à faire, cela sera certainement compensé, aux yeux des techniciens qui ont déjà vaincu tant de difficultés pratiques, par la réversibilité d'utilisation du système optique enregistreur-projecteur, avec liberté de position des écrans chromatiques et facilité de compensation des inégalités d'actinisme, non seulement par le choix des diaphragmes et des distances focales, mais encore par le nombre et la répartition des objectifs, jusqu'à utiliser, peut-être, la disposition « en œil de mouche ».

PHYSIQUE. — *Le diamètre rectiligne de l'argon.* Note de MM. **E. Mathias**, **H. Kamerlingh Onnes** et **C.-A. Crommelin**, présentée par M. E. Bouty.

1. Dans la Note présentée le 10 juillet 1910 par deux d'entre nous (E. Mathias et H. Kamerlingh Onnes), l'importance de l'étude du diamètre des corps gazeux qui se liquéfient à très basse température a été exposée, et dans la Note du 8 août 1910, les densités du liquide et de la vapeur saturée de l'oxygène ont été données.

L'oxygène a été examiné d'abord parce que, pour lui, le domaine de l'état liquide se prolonge jusqu'à des valeurs très basses de la température réduite.

Étudiant ensuite l'argon, nous pensions que les résultats permettraient de mettre en lumière l'influence de la mono-atomicité d'un corps sur l'allure de sa courbe de saturation et, par suite, sur son diamètre. En comparant les données relatives à l'argon et à l'oxygène, l'écart des températures critiques de ces corps était assez petit pour que les différences des propriétés que nous avions en vue pussent être mises complètement sur le compte de la différence de leur caractère chimique. L'étude de l'argon était d'ailleurs facilitée par le fait que les isothermes de ce corps avaient été déjà étudiées [1] jusqu'aux environs du point critique, que les tensions de vapeur étaient

---

[1] H. Kamerlingh Onnes et C.-A. Crommelin, *Communications from the physical laboratory at Leiden*, n° 118 *b* (1910), et C.-A. Crommelin, *Thèse*, Leiden, 1910.

connues [1], et que nous disposions même de valeurs approchées pour les densités du liquide et de la vapeur [2].

2. La méthode suivie était, en principe, la même que pour l'oxygène.

Le dilatomètre était remplacé par un autre qui ne s'en distingue que par les dimensions des différentes parties. La tige et l'appendice étaient calculés de façon que, dans les mesures faites avec un même bain de gaz liquéfié, il n'y entrait que deux masses. Quant au volumètre, nous avons profité des améliorations qui y avaient été introduites dans les recherches sur la compressibilité de l'hydrogène aux températures très basses [3].

L'argon pur était celui qui avait servi pour les expériences que nous avons citées. On peut être sûr que les impuretés ne dépassent pas 0,1 pour 100 [4].

3. Nous avons trouvé pour les densités δ et δ' du liquide et de la vapeur saturée à la même température θ, et pour l'ordonnée y du diamètre de l'argon, les nombres suivants :

Bain.	θ.	δ(obs.).	δ'(obs.).	y(obs.).	y(calc.).	y(obs.)—y(calc.).
O^2 liq...	—183°,15	1,37396	0,00801	0,69099	0,69006	+0,00093
CH^4 liq.	—175,39	1,32482	0,01457	0,66970	0,66970	admis
CH^4 »	—161,23	1,22414	0,03723	0,63069	0,63255	—0,00186
C^2H^4 »	—150,76	1,13851	0,06785	0,60318	0,60508	—0,00190
C^2H^4 »	—140,20	1,03456	0,12552	0,58004	0,57738	+0,00266
C^2H^4 »	—135,51	0,97385	0,15994	0,56690	0,56507	+0,00183
C^2H^4 »	—131,54	0,91499	0,19432	0,55466	0,55466	admis
C^2H^4 »	—125,17	0,77289	0,29534	0,53412	0,53794	—0,00382

Les valeurs calculées de l'ordonnée du diamètre sont données par la formule

$$y = 0,20956 - 0,0026235\,\theta,$$

qu'on déduit des expériences relatives à $-175°,39$ et à $-131°,54$.

Le coefficient angulaire du diamètre est $\alpha = -0,0026235$; il est plus grand en valeur absolue que pour tout autre corps, le xénon excepté ($\alpha = -0,003055$) [5].

---

(1) C.-A. Crommelin, *Comm.*, n° 115, 1910, et *Thèse*, Leiden, 1910.

(2) C.-A. Crommelin, *Comm.*, n° 118*a* (1910), et *Thèse*, Leiden, 1910.

(3) H. Kamerlingh Onnes et W.-J. de Hass, *Comm.*, n° 127*c*, 1912, et W.-J. de Haas, *Thèse*, Leiden, 1912.

(4) La méthode suivant laquelle l'argon pur a été préparé et analysé se trouve : C.-A. Crommelin, *Comm.*, n° 115, 1910, et surtout C.-A. Crommelin, *Thèse*, Leiden, 1910.

(5) Patterson, Cripps et Whytelaw Gray, *Proc. Roy. Soc.* (A), t. LXXXVI, 1912, p. 579.

La formule relative à y donne pour la densité critique $\Delta = 0,5307\,8$.

La valeur déduite des isothermes de l'argon à l'aide de l'équation

$$\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_{v=\text{const.}} = \left(\frac{dp}{dT}\right)_{\text{cœx.}}$$

était $\Delta = 0,509$ ([1]). La différence des deux valeurs de Δ est du même ordre de grandeur et dans le même sens que celle qu'on a trouvée pour d'autres corps : l'acide carbonique, le chlorure de méthyle, l'acide sulfureux. La différence (obs. — calc.) trouvée à — 125°, 17 est en bonne harmonie avec ce qui précède.

Le coefficient critique $\frac{R\Theta\Delta}{\pi}$ ($R =$ constante des gaz, $\Theta =$ température critique absolue, $\pi =$ pression critique) pour lequel, en partant des isothermes on avait trouvé la valeur 3,285, devient, en partant du diamètre, 3,424; il est donc un peu plus grand que celui de l'oxygène (3,346), valeur qui se rapproche le plus de la valeur théorique 2,67 déduite de l'équation de Van der Waals (abstraction faite de l'hélium qui donne 3,13).

La densité du liquide à — 183°, 15 s'accorde très bien (à moins de 1 pour 100 près) avec les déterminations de Baly et Donnan.

Quoique les déviations du diamètre de l'argon par rapport à la ligne droite soient assez petites pour ranger ce corps parmi ceux qui obéissent à la loi du diamètre rectiligne, elles paraissent assez sensibles et trop systématiques pour s'expliquer par des erreurs d'expériences. Le diamètre montre nettement une courbure concave vers l'axe des températures au voisinage du point critique et une courbure convexe aux basses températures.

Nous avons réuni sur un même diagramme les courbes *réduites* des densités du liquide et de la vapeur saturée et les diamètres *réduits* de l'éther (Ramsay et Young), de l'isopentane (S. Young), de l'oxygène (Mathias et Kamerlingh Onnes), du xénon (Patterson, Cripps et Whytelaw Gray), de l'argon (présente Note) et de l'hélium (Kamerlingh Onnes). Ce diagramme montre d'une manière frappante que les courbes des densités réduites s'emboîtent nettement sur tout leur parcours dans l'ordre de leurs diamètres. Il est très remarquable que la courbe réduite des densités du xénon coïncide presque exactement avec celle de l'oxygène.

Dans un Mémoire récent ([2]), Kamerlingh Onnes et Keesom posent en principe que les différences des équations d'état réduites des divers corps

---

([1]) C.-A. Crommelin, *Comm.*, n° 118 *b*, et *Thèse*, Leiden 1910.

([2]) Kamerlingh Onnes et Keesom, *Encyclopädie der mathematischen Wissenschaften*, V.

sont exprimées par des fonctions de déviation et que les corps peuvent être rangés de manière que les valeurs des fonctions vont en croissant continuellement en passant d'un corps au suivant dans chaque alignement et qu'en particulier les équations d'état des corps à température critique très différente se rangent dans leurs déformations successives d'après leurs températures critiques, l'hélium formant un cas limite. Cette propriété générale qui, quant au diamètre, a été remarquée déjà depuis longtemps (¹), se traduit par l'emboîtement successif des courbes réduites des densités.

L'ordre de leur emboîtement montre que, plus la structure de la molécule est *compliquée* et plus elle est *lourde*, plus la température critique s'élève et plus la courbe réduite des densités s'élargit. Il semble donc que, dans le cas de l'oxygène comparé au xénon, l'influence élargissante de la lourdeur de la molécule du xénon soit contre-balancée par la simplicité plus grande de sa molécule comparée à celle de l'oxygène.

PHYSIQUE. — *Sur le mouvement des centres lumineux dans les tubes à hydrogène.* Note de M. A. **Perot**, présentée par M. Villard.

A la suite des recherches que j'ai faites sur le mouvement des centres lumineux dans l'arc au mercure dans le vide, j'ai émis l'hypothèse que la plus grande partie de la lumière était fournie par les centres rencontrés par les porteurs électriques, ceux-ci leur communiquant, lors des chocs, un mouvement dirigé dans le sens même où ils se meuvent. Ces vues m'ont permis d'édifier une théorie des phénomènes observés spectroscopiquement sur l'ensemble des vapeurs élevées de l'atmosphère solaire et de relier la chute des centres absorbants de ces vapeurs à l'accélération équatoriale qu'ils présentent.

Il m'a paru intéressant de rechercher si des phénomènes du même genre se produisent dans les tubes à gaz raréfiés illuminés électriquement, ce sont les premiers résultats de cette étude, relatifs à l'hydrogène, que j'ai l'honneur de présenter aujourd'hui.

Les tubes employés étaient de la forme en H, avec électrodes en aluminium : l'hydrogène était produit électrolytiquement, les tubes étaient, vu l'échauffement, plongés dans une cuve pleine d'eau; ils étaient alimentés par du courant continu produit par une dynamo pouvant débiter 0,2 ampère sous 10000 volts; excitée par un

(¹) E. Mathias, *Comptes rendus*, t. 139, 1904, p. 359.

courant indépendant réglable par un rhéostat, le voltage peut ainsi varier de quelques volts à 10000. Dans le circuit j'ai intercalé un inverseur, un milliampèremètre, une résistance liquide et le secondaire d'un transformateur à haute tension, de manière à régulariser le potentiel et, en regardant le tube illuminé dans un miroir tournant, à obtenir une bande lumineuse uniforme.

L'appareil spectroscopique comprend un étalon interférentiel de 10^{mm} d'épaisseur; la lumière traverse un écran rouge de manière à isoler la raie C de longueur d'onde 6562,757 Å; les diamètres des anneaux sont mesurés comme d'habitude à l'aide d'une lunette réglée pour l'infini, munie d'un oculaire micrométrique comportant un fil fixe et un fil mobile parallèles; en amenant les deux fils aux extrémités d'un même diamètre, on obtient par une seule lecture le diamètre de l'anneau; la valeur angulaire d'une division a été déterminée à l'aide d'un grand cercle de Brunner.

Si l'on reçoit la lumière émanée de l'un des bouts de la partie horizontale du tube et qu'on renverse le sens du courant, la variation de longueur d'onde produite est liée à la vitesse v des centres par la relation

$$\frac{\delta\lambda}{\lambda} = \frac{v}{V},$$

où V est la vitesse de la lumière.

J'ai opéré de deux manières, soit en observant les anneaux fournis, comme je viens de le dire, par l'une des extrémités du tube capillaire et renversant le courant, soit en recevant la lumière émanée de ce tube lui-même suivant une direction inclinée sur son axe et renversant le courant; si alors α est l'angle de la direction du tube avec la normale à l'étalon, la vitesse mesurée v' est liée à la vitesse v par la relation

$$v = \frac{v'}{\cos\alpha}.$$

Les deux méthodes m'ont donné les mêmes résultats numériques.

D'une manière générale, les centres lumineux sont entraînés de la cathode vers l'anode, sans doute par des électrons.

Trois facteurs influent sur la vitesse : la pression, l'intensité du courant et le diamètre du tube. Je me suis attaché à faire varier séparément ces trois données.

1° Pour un tube donné et à pression constante, la vitesse croît avec l'intensité du courant; ainsi j'ai trouvé avec un tube normal :

Courant en milliampères..........	11	16,25	22
Vitesse en mètres par seconde	149	219	266

et avec un tube spécial dont le capillaire a 1^{mm} de diamètre :

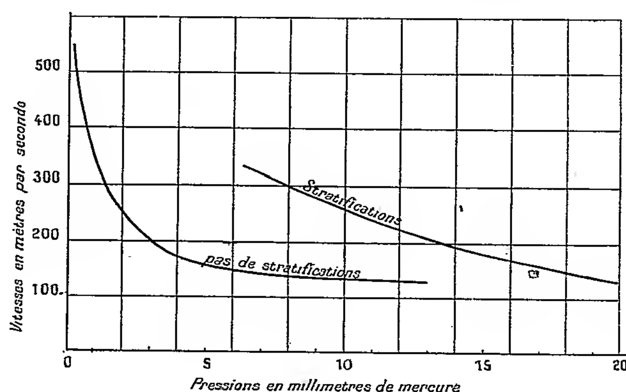
Courant en milliampères	100	144
Vitesse en mètres par seconde	815	1190

2° Pour un même courant et une même pression, la vitesse est d'autant plus grande que le tube est plus étroit; bien qu'on ne puisse énoncer de loi nette, sans doute à cause de l'influence des parois, on peut dire que le rapport de la vitesse à la racine carrée de la densité de courant varie peu, tout au moins pour les pressions élevées; ainsi j'ai trouvé :

Pression.	Diamètre D.	Courant en milliamp.	Densité Δ.	Vitesse V.	$\frac{V}{\sqrt{\Delta}}$.
6,5	1,08	20	21,5	297	66
»	1,65	20	9,3	238	78
»	3,8	30	2,57	104	65

Les tubes pouvant d'ailleurs avoir plusieurs régimes, les comparaisons sont difficiles.

3° Pour un tube donné et une intensité de courant déterminée, la vitesse croît lorsque la pression diminue, mais il se présente ce fait particulier que,



dans un certain intervalle de pression, un tube peut donner des vitesses différentes suivant qu'on a fait croître ou décroître la pression pendant le fonctionnement; voici quelques-uns des nombres obtenus sur un tube de $1^{mm},08$ de diamètre, l'intensité étant 20 milliampères; ils sont représentés par la courbe ci-dessus.

Pressions décroissantes.	Pressions croissantes.	Vitesses.	
19,4	»	135	»
14,6	»	173	»
»	13	»	115
11,7	»	232	»
»	9,7	»	139
7,85	»	352	»
»	7,20	»	135
»	4,8	»	159
2,0	»	226	»
0,66		394	
0,28		565	

On voit qu'il existe deux régimes entre 6^{mm} et 13^{mm}; à pression décroissante, les vitesses sont plus grandes qu'à vitesse croissante, le tube présente d'ailleurs des stratifications qui disparaissent vers 6^{mm}, tandis qu'à pression croissante on peut aller jusqu'à 13^{mm} sans que ce phénomène se produise; aux fortes et aux basses pressions, l'un seul des régimes est stable, tandis qu'aux pressions moyennes les deux peuvent exister.

Dans ces expériences, la plus grande vitesse observée a été 1740 m : s, dans un tube de 1^{mm} de diamètre, le courant étant $0^{amp},152$, soit près de 0,2 amp : mm^2. Cette vitesse est de l'ordre de celle que j'ai trouvée pour l'hydrogène solaire, 3800 m : s.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Théorie de l'efflorescence des hydrates salins. Influence de la température.* Note [1] de MM. **Ch. Boulanger** et **G. Urbain**, présentée par M. Haller.

Il résulte d'une étude de l'influence de la température sur le régime de l'efflorescence du sulfate de soude $SO^4Na^2, 10H^2O$, qu'à deux températures différentes T_0 et T, le coefficient A de la formule [2]

$$\text{Log}(m_0 - m_t) = \text{Log}\, a + A\, \text{Log}(\theta - t) \tag{1}$$

conserve sa valeur. Il en est de même du rapport $\frac{t}{\theta}$, si à l'origine des temps le degré de l'efflorescence est le même pour les cristaux comparés.

[1] Présentée dans la séance du 6 janvier 1913.

[2] *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 1246.

Cela posé, la vitesse d'efflorescence $v = \frac{dm}{dt}$ étant donnée par la relation

$$(2) \qquad v = \mathrm{KSP}\left(1 - \frac{t}{\theta}\right)^{\mathrm{A}-1},$$

la vitesse doit varier avec la température suivant la même loi que la tension de dissociation P.

La vérification directe de cette conclusion est délicate : la vitesse d'efflorescence étant représentée par la tangente angulaire de la courbe des pertes d'eau en fonction du temps, la moindre erreur dans la mesure des temps introduit dans la détermination de ce coefficient angulaire une erreur considérable. Mais on peut vérifier cette conclusion par ses conséquences.

En effet, on doit avoir

$$(3) \qquad \frac{d}{d\mathrm{T}} \mathrm{Log}_e v = \frac{q}{\mathrm{RT}^2},$$

— q représentant la chaleur de dissociation à pression constante pour 1^{mol} d'eau, et R la constante des gaz parfaits, approximativement égale à 2, si q est exprimé en petites calories. Intégrant l'équation précédente et passant des logarithmes népériens aux logarithmes vulgaires, on obtient

$$(4) \qquad \mathrm{Log}\, v_{\mathrm{T}} = \mathrm{Log}\, v_{\mathrm{T}_0} + \frac{0{,}4343\, q}{2\mathrm{T}_0}\left(1 - \frac{\mathrm{T}_0}{\mathrm{T}}\right).$$

D'où, en tenant compte des équations (1) et (2) et de la relation $\mathrm{KSP} = a\mathrm{A}\theta^{\mathrm{A}-1}$,

$$(5) \qquad \mathrm{Log}\,\theta_{\mathrm{T}} = \mathrm{Log}\,\theta_{\mathrm{T}_0} + \frac{0{,}4343\, q}{2\mathrm{T}}\left(\frac{\mathrm{T}}{\mathrm{T}_0} - 1\right),$$

$$(6) \qquad \mathrm{Log}\, a_{\mathrm{T}} = \mathrm{Log}\, a_{\mathrm{T}_0} - \frac{0{,}4343\, q\mathrm{A}}{2\mathrm{T}}\left(\frac{\mathrm{T}}{\mathrm{T}_0} - 1\right).$$

Ainsi, connaissant les paramètres de l'équation qui représente le régime de l'efflorescence d'un cristal, à une certaine température, on pourra calculer les paramètres de l'équation qui représentera le régime de l'efflorescence d'un cristal identique, à une autre température. Si, comme c'est le cas général, les deux cristaux sont de grosseurs différentes, il faudra tenir compte de l'influence de la grosseur du cristal, ce qui a été l'objet d'une Note précédente [1].

L'étude expérimentale du régime de l'efflorescence de deux cristaux de $\mathrm{SO^4Na^2, 10\,H^2O}$ partiellement effleuris, et d'ailleurs inégalement effleuris à l'origine des temps, a conduit aux relations :

---

[1] *Comptes rendus*, séance du 30 décembre 1912.

	Température.	Résidu de sulfate anhydre en centimilligr.
1° $\text{Log}(327 - m) = 0,433 + 1,6\,\text{Log}(19,8 - t)$.....	$273° + 39°$	318
2° $\text{Log}(394 - m) = 0,092 + 1,6\,\text{Log}(36,5 - t)$.....	$273° + 31°$	367

Le temps nécessaire à l'efflorescence du cristal supposé non effleuri a été calculé par extrapolation dans la formule (1°). On a calculé ensuite la valeur que prendrait ce temps, ainsi que Log a, dans le cas où le cristal aurait le même poids que celui qui a servi dans l'expérience (2°), en utilisant les formules relatives à l'influence de la grosseur du cristal. On a trouvé ainsi

$$\text{Log}\,\theta'_{T_0} = 1,3734, \qquad \text{Log}\,a'_{T_0} = 0,462.$$

Ces coefficients ont été ramenés ensuite à la valeur qui leur conviendrait à 31° C., à l'aide des formules (5) et (6). On a obtenu ainsi $\theta'_T = 40,95$, $\text{Log}\,a'_T = 0,088$. Le régime de l'efflorescence à 31° C à partir d'un tel cristal non effleuri serait donné par la relation

$$\text{Log}(465 - m) = 0,088 + 1,6\,\text{Log}(40,95 - t),$$

Le temps x correspondant à la perte observée de 394 centimilligrammes est alors donné par l'équation

$$\text{Log}\,394 = 0,088 + 1,6\,\text{Log}\,x,$$
$$x = 36,9.$$

Le régime de l'efflorescence correspondant aux conditions où l'expérience (2°) a été faite serait, d'après ces calculs, représenté par l'équation

$$\text{Log}(394 - m) = 0,088 + 1,6\,\text{Log}(36,9 - t),$$

qui diffère très peu de celle déduite des expériences directes (2°).

De l'ensemble de nos mesures il résulte que l'écart moyen entre le calcul et l'expérience est, d'une manière générale, de l'ordre de $\frac{1}{20}$.

Nous signalons que l'équation (5) permet de déduire la chaleur d'hydratation du régime de l'efflorescence à deux températures différentes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Relation entre la vitesse d'une réaction photochimique et l'énergie rayonnante incidente.* Note de M. **Marcel Boll**, présentée par M. A. Haller.

Les actions chimiques provoquées par la lumière sont en général fonction de la fréquence de la radiation incidente : aussi, pour pénétrer dans le détail des phénomènes photochimiques, est-il nécessaire d'employer une fréquence bien déterminée, ce qu'on réalise, soit en filtrant le rayonnement complexe à travers des écrans absorbants, soit en l'étalant en spectre.

Le premier moyen doit être considéré comme un pis aller. La seconde méthode, qui est la seule correcte, est le plus souvent inapplicable, car les radiations ultraviolettes ainsi isolées transportent une énergie trop faible pour produire des effets mesurables. Je suis cependant parvenu à utiliser ce dernier procédé, en appliquant une méthode de mesure très sensible (¹) à l'étude d'une réaction photochimique à évolution suffisamment rapide (²).

Tout contre un arc au mercure horizontal est placée une fente qui peut être assez large ($0^{cm},5$ à 1^{cm}), car les raies principales du mercure sont très espacées dans l'ultraviolet; l'appareil dispersif est constitué par deux gros prismes de quartz, dont on dispose les arêtes horizontalement. Dans la cuve de mesure B précédemment décrite (²), qui reçoit le rayonnement par la surface libre, on forme l'image de la fente, produite par une radiation quelconque, notamment par le groupe 2536 U.A.; le réglage se fait facilement au moyen d'écrans fluorescents. Au-dessus de cette cuve B, on en place une autre A, parallélépipédique, à fond de quartz, pouvant contenir de l'eau ou divers liquides absorbants.

En dépensant 260 watts (65 volts $\times$ 4 ampères) dans l'arc au mercure, l'hydrolyse d'une solution dix-millinormale d'acide tétrachloroplatinique est à moitié terminée en 2 heures, ou, si l'on préfère, la résistance de 1^{cm^3} de cette solution passe, en 90 secondes, de 849400 ohms à 825800 ohms.

Étant donnée la grandeur du phénomène, je me suis proposé de déterminer comment le coefficient de vitesse K de cette réaction *bimoléculaire* varie avec l'énergie rayonnante incidente : le problème est délicat, car on ne sait pas mesurer avec précision l'énergie des radiations ultraviolettes. On tourne la difficulté, en diminuant l'énergie incidente W_0 dans un rapport mesurable $\frac{W}{W_0}$ et il suffit pour cela de placer

---

(¹) Marcel Boll, *Application de l'électromètre à l'étude des réactions chimiques dans les électrolytes* (*Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 349).

(²) Marcel Boll et Paul Job, *Hydrolyse photochimique des acides chloroplatiniques en solution très étendue* (*Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 881 et t. 155, 1912, p. 826).

dans la cuve A une couche d'épaisseur l d'un absorbant approprié : une solution étendue de caféine (de concentration c) convient parfaitement.

L'énergie W qui, par unité de temps, sort de cette cuve A est donnée par les lois de Lambert et de Beer

$$W = W_0 e^{-\varkappa c l},$$

où $\varkappa$ représente le coefficient d'absorption de la solution de caféine; le coefficient de vitesse K de la réaction dans la cuve B est une certaine fonction de W

$$K = f(W),$$

qui satisfait à la condition

$$f(0) = 0,$$

puisque l'hydrolyse des acides chloroplatiniques n'a pas lieu dans l'obscurité. L'hypothèse la plus simple est de supposer K proportionnel à W :

$$\frac{K}{K_0} = \frac{W}{W_0},$$

et il vient par suite

$$K = K_0 e^{-\varkappa c l}.$$

Cette formule peut être soumise au contrôle de l'expérience : on détermine les coefficients de vitesse K qu'on obtient dans la cuve B, en faisant varier, soit la concentration c, soit l'épaisseur l de la solution de caféine; la cuve B contient toujours 1^{cm^3} d'acide tétrachloroplatinique dix-millinormal.

Les résultats sont résumés dans les Tableaux suivants (v indique les volumes de liquide versés dans la cuve A) :

$l = \text{const.} = 0^{cm},96.$

c en $\frac{g}{\text{litre}}$.	$\frac{K}{K_0}$ obs.	$\frac{K}{K_0}$ calc.
0	1,00	1,00
0,33.10⁻²	0,87	0,87
0,5 .10⁻²	0,82	0,80
10⁻²	0,65	0,65
2 .10⁻²	0,43	0,42
3 .10⁻²	0,30	0,27

$c = \text{const.} = 10^{-2} \frac{g}{\text{litre}}$

v en cm³.	l en cm.	$\frac{K}{K_0}$ obs.	$\frac{K}{K_0}$ calc.
0	0	1,00	1,00
1	0,19	0,91	0,92
2	0,38	0,83	0,84
5	0,96	0,65	0,65
10	1,92	0,42	0,42
15	2,88	0,28	0,27

Ce qui donne pour le coefficient d'absorption de la caféine ($\lambda = 2536$ U.A.) :

$$\varkappa = 44,9.$$

Cette grandeur a été simultanément mesurée, au moyen de la photométrie des spectrogrammes [1], par M. Victor Henri, qui a obtenu :

$$\varkappa = 44.$$

(1) Jean Bielecki et Victor Henri, *Étude quantitative de l'absorption des rayons ultraviolets* (*Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 456). — Rappelons que cette méthode avait déjà été justifiée, pour les rayons visibles, par des mesures au spectrophotomètre.

L'accord entre ces deux valeurs, déterminées par deux méthodes aussi différentes, est très satisfaisant.

L'hypothèse formulée précédemment se trouve donc justifiée : *le coefficient de vitesse* d'une réaction photochimique est bien *proportionnel à l'énergie rayonnante incidente*, même si la réaction est *bimoléculaire*.

On voit, de plus, que l'étude cinétique de l'hydrolyse photochimique des ions chloroplatiniques permet de mesurer, en valeur relative, avec une grande précision, l'énergie d'un rayonnement ultraviolet.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les alliages d'aluminium avec le vanadium.* Note de M. **Nicolas Czako**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Moissan (¹) a obtenu par réduction de l'acide vanadique par l'aluminium un alliage d'aluminium avec le vanadium à 2,5 pour 100 de ce dernier. Par la même méthode, Hélouis (²) a obtenu des alliages contenant de 1 à 40 pour 100 de vanadium et il en sépara des lamelles brillantes qu'il considéra comme étant le vanadium pur. MM. Matignon et Monnet (³) ont préparé par voie alumino-thermique un alliage, dont ils séparèrent des cristaux contenant de 67,87 pour 100 de vanadium, qui correspond à peu près au composé AlV.

Pour obtenir mes alliages, j'ai employé la méthode alumino-thermique. L'aluminium ne contenait que 0,11 pour 100 de silicium et 0,40 pour 100 de fer comme impuretés. L'acide vanadique a été préparé de métavanadate d'ammoniaque plusieurs fois recristallisé. Les creusets dans lesquels s'effectuaient les réactions étaient brasqués à la magnésie. Les expériences ont porté chaque fois sur 100^g d'acide vanadique. J'ai obtenu ainsi une série d'alliages dont la teneur variait de 30 à 80 pour 100 de vanadium. Par fusion avec de l'aluminium en proportion convenable, j'ai obtenu les alliages à teneur moins élevée de 30 pour 100.

L'examen métallographique des alliages obtenus montre déjà, dans l'alliage à 1 pour 100 de vanadium, la présence des cristaux très brillants dans un fond d'aluminium. La proportion relative de ces cristaux va en augmentant avec la teneur en vanadium, l'alliage à 34,5 pour 100 de vanadium est presque homogène. La dureté de l'aluminium

---

(¹) Moissan, *Comptes rendus*, t. 122, 1896, p. 1297.
(²) Hélouis, *Bull. Soc. Encouragement*, 1896, p. 904.
(³) Matignon et Monnet, *Comptes rendus*, t. 134, 1902, p. 542.

et celle des cristaux étant très différentes, un simple polissage met en évidence ces deux constituants sans application d'une attaque quelconque. Par attaque à l'acide chlorhydrique dilué, j'ai isolé d'un alliage à 30 pour 100 de vanadium, des cristaux brillants contenant 37,9 pour 100 de vanadium qui correspondent à la formule Al^3V avec la teneur théorique en vanadium de 38,54 pour 100. Ces cristaux se dissolvent avec lenteur dans l'acide chlorhydrhique concentré. Par une attaque incomplète le résidu possédait 37,8 pour 100 de vanadium, le faible changement de la composition prouve qu'on est bien en présence d'un composé. L'étude micrographique d'un seul cristal ainsi isolé (*fig.* 2) montre des lignes de clivage et des figures de corrosion, qui ont les

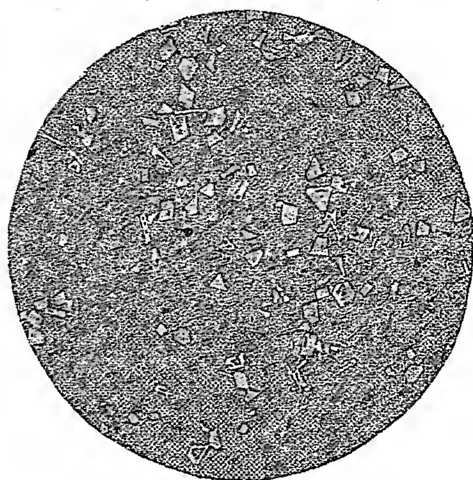


Fig. 1. — V = 1 pour 100.
Grossissement = 50 d.

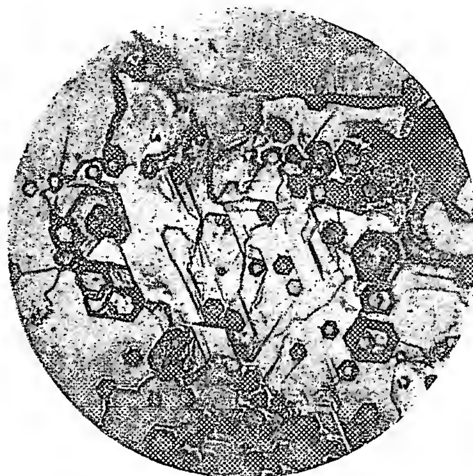


Fig. 2. — Cristal isolé Al^3V.
Grossissement = 200 d.

mêmes formes que les petits cristaux dans l'alliage à 1 pour 100 de vanadium (*fig.* 1).

Pour les teneurs supérieures au composé Al^3V, j'ai employé comme procédés d'attaque micrographique soit une solution d'acide azotique à 50 pour 100 à laquelle on ajoute 6 pour 100 d'acide chromique, soit l'électrolyse dans une solution de chlorure de sodium à 25 pour 100, l'alliage servant d'anode. Nous voyons alors apparaître, en outre des cristaux Al^3V, inattaqués par les réactifs, un deuxième constituant qui occupe presque toute la surface à 53 pour 100 de vanadium.

Au delà de cette teneur apparaissent de nouveaux cristaux également inattaquables par les réactifs dont la proportion va en augmentant avec la teneur en vanadium jusqu'à l'alliage à 60,7 pour 100 de vanadium, où la proportion du constituant attaqué par les réactifs mentionnés est très faible. Par attaque à l'acide sulfurique dilué, auquel on a ajouté quelques centimètres cubes d'acide azotique, j'ai isolé d'un alliage à 58,3 pour 100 de vanadium des petits cristaux contenant 64,8 pour 100 de vanadium, qui correspondent à la formule AlV, avec la teneur théorique en vanadium de 65,30 pour 100. Ces cristaux se dissolvent dans les mêmes acides concentrés. Par une attaque incomplète, le résidu possédait 64,6 pour 100 de vanadium.

L'alliage à 79,3 pour 100 de vanadium paraît homogène au microscope. La composition de ce produit correspond assez exactement à la formule AlV^2 avec la teneur théorique en vanadium à 79,0 pour 100. Je me réserve de vérifier s'il correspond réellement à un composé défini.

Jusqu'à 10 pour 100 de vanadium environ, ces alliages sont encore malléables. Dès 20 à 25 pour 100 de vanadium on peut les pulvériser au mortier. Jusqu'à 53 pour 100 ils étaient pleins de cavités qui ont rendu difficile à obtenir une surface polie. La dureté de ces alliages va en augmentant avec la teneur en vanadium jusqu'au composé Al^3V et au delà jusqu'à 53 pour 100. La dureté de ce dernier est entre 6 et 7. De 60 à 80 pour 100 ils sont moins durs et exempts de cavités.

Le dosage du vanadium a été fait par la méthode suivante : on dissout l'alliage dans l'acide sulfurique dilué auquel on ajoute quelques centimètres cubes d'acide azotique, on évapore à sec, on reprend par l'acide sulfurique dilué, on fait bouillir, on réduit par l'acide sulfureux, on chasse ce dernier par un courant d'acide carbonique et l'on titre à chaud la solution bleue avec du permanganate de potasse $\frac{1}{10}$ normal.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les éléments d'énergie.* Note de M. **Jacques Duclaux**, présentée par M. Villard.

On sait comment la théorie du rayonnement noir a conduit Planck à la notion du quantum d'action et de l'élément d'énergie. Le premier, introduit par des considérations de probabilité, est une constante universelle h : l'élément d'énergie, qui n'est défini que pour un mouvement périodique de fréquence ν, est le produit $h\nu$. Sa valeur numérique est, si l'on fait intervenir la longueur d'onde λ du rayonnement de fréquence ν,

$$\varepsilon = \frac{19,6.10^{-17}}{\lambda}.$$

On peut arriver à la même notion de l'élément d'énergie par une autre voie, indépendante de la première. On sait que, d'après la règle de Pictet-Trouton, le quotient $\frac{ML}{T}$ de la chaleur de vaporisation moléculaire d'un liquide par la température d'ébullition est à peu près le même pour tous les liquides, et que sa valeur moyenne est 21. On retrouve encore des valeurs voisines pour le quotient $\frac{Q}{T}$ de la chaleur de dissociation (ou de dépolymérisation) d'un corps par la température à laquelle s'effectue cette

dissociation : et cet accord conduit à admettre que la constante de la règle de Pictet-Trouton est une constante universelle, dont la signification est la suivante : chaque fois qu'une liaison entre atomes ou entre molécules est rompue d'une manière réversible à une température absolue T, il y a absorption d'une quantité de chaleur kT, k étant une constante indépendante de la nature de la liaison [1].

La valeur de k n'est d'ailleurs pas le nombre 21 que donne l'application simple de la règle de Pictet-Trouton. En effet, la quantité de chaleur (ou d'énergie) absorbée est utilisée de deux manières : une partie sert à rompre la liaison qui unit deux molécules, par exemple, une autre à communiquer à ces deux molécules détachées l'énergie de mouvement correspondant à la température. Cette dernière est variable suivant la nature particulière du phénomène considéré (c'est-à-dire suivant la nature des éléments antérieurement unis par la liaison), et est égale à 5T environ s'il reste des molécules simples : elle peut être absorbée par ces molécules d'une façon continue. Au contraire, l'énergie absorbée par la rupture de la liaison est absorbée d'une façon discontinue : sa valeur, calculée pour la rupture *d'une seule liaison*, est un élément d'énergie. Cet élément est indépendant de la transformation considérée, et sa valeur (en ergs) est, d'après ce que nous venons de voir,

$$\varepsilon' = 9,5.10^{-16}T.$$

L'élément ε' est la plus petite quantité d'énergie qui puisse intervenir dans une transformation chimique ou dans un changement d'état à la température T, tout comme ε, élément de Planck, était la plus petite quantité d'énergie pouvant intervenir dans un rayonnement de longueur d'onde λ.

On peut se demander quel rapport il y a entre ces deux éléments, qui sont introduits d'une manière absolument différente. Pour cela, considérons un corps noir à la température T_0; son rayonnement se composera d'une infinité de longueurs d'onde, parmi lesquelles celle qui emportera le plus d'énergie sera donnée par la relation suivante (Lummer et Pringsheim) :

$$\lambda_0 T_0 = 0,294.$$

Faisons momentanément abstraction de cette dispersion des longueurs d'onde, et supposons que le rayonnement du corps noir se compose uniquement d'ondes de longueur λ_0 : nous pouvons alors définir l'élément

(1) L'énoncé se simplifie si l'on fait intervenir les entropies, comme l'a déjà fait observer M. Matignon en 1899.

d'énergie, non plus en fonction de la longueur d'onde, mais en fonction de la température à laquelle cette longueur d'onde sera émise. La nouvelle expression à laquelle nous arrivons ainsi est

$$\varepsilon = 6,7 \cdot 10^{-16}\,T_0.$$

D'autre part, à la même température T_0, la matière dont sera formé le corps noir sera le siège d'une transformation continuelle : par suite des mouvements atomiques et moléculaires ou du rayonnement, des liaisons seront constamment détruites et rétablies. Il y aura donc une circulation constante d'éléments d'énergie chimique dont la valeur sera

$$\varepsilon = 9,5 \cdot 10^{-16}\,T_0.$$

Ces deux valeurs sont très voisines; en raison de leur commune imprécision il est possible qu'elles soient identiques et, en tout cas, si elles diffèrent par un facteur constant, ce qui est possible aussi, ce facteur est très voisin de l'unité.

Cette identité établit entre deux ordres de phénomènes, en apparence indépendants, une relation assez imprévue, bien qu'elle ne soit pas en opposition avec quelques idées récemment émises par Planck. Les conséquences peuvent en être nombreuses : pour le moment, on peut se borner à dire, en respectant l'ordre chronologique, que l'hypothèse des quanta pourrait n'être qu'une nouvelle forme de la règle de Pictet-Trouton.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur une méthode d'analyse des mélanges d'hydrogène et d'hydrocarbures saturés gazeux, hydrogène, méthane, éthane et propane.* Note (¹) de MM. **P. Lebeau** et **A. Damiens**, présentée par M. H. Le Chatelier.

La séparation et le dosage des carbures d'hydrogène gazeux constitue un chapitre important de l'analyse des gaz. Il est généralement facile de caractériser et de doser, au moyen de réactifs convenablement choisis, des hydrocarbures appartenant à des séries différentes. Mais les difficultés apparaissent dès qu'on se trouve en présence de plusieurs carbures homologues. La méthode eudiométrique, la seule appliquée jusqu'ici, est insuf-

---

[1] Présentée dans la séance du 23 décembre 1912.

fisante, dès qu'il s'agit d'un mélange de plus de deux carbures et, même dans ce dernier cas, lorsque la composition qualitative n'est pas rigoureusement connue. Les méthodes basées sur l'interprétation algébrique (¹) des résultats de combustions faites sur les gaz, avant et après l'action de dissolvants, sont d'une application pénible. En outre, les phénomènes de solubilité mis en jeu sont trop imprécis et l'on ne saurait attendre de leur utilisation des résultats satisfaisants.

Les mélanges dont l'analyse présente certainement la plus grande difficulté sont ceux formés par les carbures gazeux $C^n H^{2n+2}$.

La facilité avec laquelle on peut aujourd'hui produire les basses températures nous a conduit à rechercher si la distillation de ces gaz, préalablement liquéfiés, ne permettrait pas de les fractionner en portions de composition qualitative bien déterminée et pour lesquelles l'analyse eudiométrique pourrait être efficacement employée.

Les carbures d'hydrogène qui nous ont servi pour cette étude étaient d'une grande pureté. Ils avaient été préparés par la méthode générale indiquée par l'un de nous (²).

L'hydrogène se rencontrant souvent à côté des carbures saturés, nous avons compris ce gaz dans nos essais. Les séparations ont été tentées en partant de mélanges de composition connue et de complexité croissante.

L'appareil que nous avons utilisé comprenait une trompe à mercure à laquelle était relié un récipient de verre servant de condenseur d'une capacité de 50^{cm^3} environ. Ce condenseur communiquait lui-même au moyen d'un tube de plomb de petit diamètre et roulé en spirale avec une cloche de verre disposée sur une cuve à mercure. Cette cloche servait à l'introduction du mélange à étudier. Le condenseur, qui était en outre en relation avec un tube manométrique, pouvait être plongé partiellement soit dans l'air liquide, soit dans un mélange d'acétone et de neige carbonique, soit encore dans de l'éther de pétrole refroidi par l'air liquide.

Le vide étant fait dans tout l'appareil, on refroidissait le condenseur dans l'air liquide et l'on faisait ensuite pénétrer lentement l'échantillon de gaz contenu dans la cloche. Lorsque le volume gazeux total était introduit, on attendait que la tension soit fixe, de manière à être assuré de la condensation aussi complète que possible des produits liquéfiables. On procédait ensuite à l'extraction fractionnée des gaz au moyen de la trompe à mercure, en maintenant le condenseur à des températures convenables.

(¹) De Voldere et Smet, *Revue générale de Chimie pure et appliquée*, t. IX, 1906, p. 395, et t. VI, 1907, p. 233. — *Moniteur scient. Quesneville*, 4ᵉ série, t. XXII, 1908, p. 285. — Berthelot, *Traité de l'analyse des gaz*, 1906, p. 352.

(²) P. Lebeau, *Comptes rendus*, t. 140, 1905, p. 1042.

Hydrogène et méthane. — La tension du méthane à la température de l'air liquide correspond à environ 8^{cm} de mercure. A — 210°,5 elle est encore de 5^{cm} d'après Olszewski (¹). On ne peut donc séparer ainsi le méthane de l'hydrogène. Cette séparation serait d'ailleurs sans intérêt, car la combustion eudiométrique d'un tel mélange permet d'en déterminer la composition.

Hydrogène et éthane. — L'éthane a une tension sensiblement nulle dans l'air liquide. Un mélange d'hydrogène et d'éthane étant refroidi à cette température, l'hydrogène s'extrait intégralement à la trompe à mercure et la portion condensée est de l'éthane.

Mélange initial : hydrogène $15^{cm^3},10$; éthane $42^{cm^3},48$ (²).

Hydrogène extrait à la trompe à mercure à — 190° : $15^{cm^3},17$.

Éthane extrait à la température ordinaire : $42^{cm^3},26$.

Hydrogène, méthane et éthane. — Le mélange initial avait un volume de $51^{cm^3},17$, soit : hydrogène $13^{cm^3},96$, méthane $14^{cm^3},89$ et éthane $22^{cm^3},32$.

Le volume gazeux extrait à la trompe vers — 190° était formé de $28^{cm^3},29$ d'hydrogène et de méthane au lieu de $28^{cm^3},85$. A la température ordinaire on a retiré $22^{cm^3},73$ d'éthane pur au lieu de $22^{cm^3},31$.

Hydrogène, méthane et propane. — Mélange initial $49^{cm^3},54$ comprenant : hydrogène $14^{cm^3},32$, méthane $14^{cm^3},63$ et propane $20^{cm^3},59$.

On a extrait à la température de l'air liquide $28^{cm^3},96$ de méthane et d'hydrogène au lieu de $28^{cm^3},95$. A la température du laboratoire on a recueilli $20^{cm^3},64$ de propane pur au lieu de $20^{cm^3},59$.

Cette expérience et la précédente sont d'une grande importance au point du vue du résultat cherché, car elles démontrent qu'il sera toujours possible d'obtenir une première simplification d'un mélange gazeux en isolant dans un premier fractionnement la totalité du méthane et de l'hydrogène.

Hydrogène, méthane, éthane et propane. — L'analyse d'un tel mélange devient très facile par l'application de notre méthode, car on le sépare facilement en deux parties, la première constituée par l'hydrogène et le méthane, et la seconde par l'éthane, et le propane, dont il sera aisé de déterminer les rapports eudiométriquement.

Mélange initial : hydrogène $5^{cm^3},56$; méthane $5^{cm^3},54$; éthane $35^{cm^3},55$; propane $30^{cm^3},36$.

Dans un semblable mélange la tension du méthane vers — 190° est très faible et l'extraction doit être prolongée pendant près de 2 heures. On retire ainsi $10^{cm^3},89$ de méthane et d'hydrogène au lieu de $11^{cm^3},10$. La combustion de ce mélange fournit les résultats suivants :

	Pour 100.	Au lieu de
Hydrogène	50,76	50,09
Méthane	49,23	49,91

(¹) Olszewski, *Comptes rendus*, t. 100, 1885, p. 940.

(²) Tous les volumes gazeux ont été ramenés à la température de 0° et à la pression de 760^{mm}.

Le gaz extrait à la température ordinaire avait un volume de $63^{cm^3},62$ au lieu de $63^{cm^3},91$, volume de l'éthane et du propane dans le mélange primitif.

En procédant à l'examen de mélanges plus complexes, nous avons réussi à déterminer les conditions de température favorables à une séparation pratique des autres carbures d'hydrogène gazeux.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Fixation des bisulfites alcalins sur les sels et les éthers-sels des acides acétyléniques*. Note de M. **Ed. Lasausse**, présentée par M. Charles Moureu.

Il est possible, dans des conditions déterminées, de fixer soit 1^{mol}, soit 2^{mol} d'un bisulfite alcalin sur les sels et éthers-sels des acides acétyléniques de formule générale $R - C \equiv C - CO^2H$.

La fixation a pour effet de faire disparaître la triple liaison, et il se forme le sel alcalin d'un acide monosulfonique à liaison éthylénique ou le sel alcalin d'un acide disulfonique saturé.

Voici les faits que j'ai observés :

1° Le sulfite neutre de sodium réagit sur l'acide phénylpropiolique libre en donnant le β-sulfocinnamate disodique :

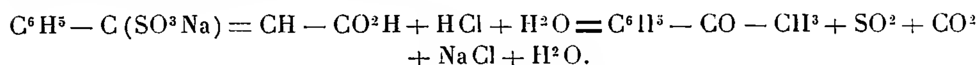


$$C^6H^5 - C \equiv C - CO^2H + SO^3Na^2 = C^6H^5 - C(SO^3Na) = CH - CO^2Na.$$

On chauffe pendant 8 heures à 100°, en tube scellé, le sulfite neutre ($1^{mol},5$) en solution aqueuse au tiers avec l'acide phénylpropiolique (1^{mol}). Le sulfite non combiné ayant été d'abord transformé en sulfate au moyen de l'eau oxygénée, on ajoute un excès d'alcool qui précipite la presque totalité des sulfates. La liqueur, distillée à sec, laisse un résidu, qu'on reprend par l'alcool fort et qu'on purifie par cristallisation dans l'eau. Les cristaux, séchés à 130°, répondent, d'après l'analyse, à la formule $C^9H^6SO^5Na^2$. Le corps obtenu fournit les réactions suivantes :

a. Il décolore rapidement à froid le permanganate de potassium et l'*eau de brome*, mais non l'eau iodée.

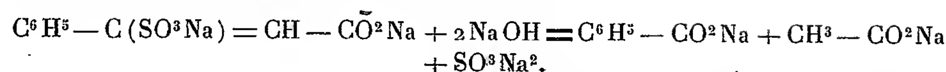
b. Chauffé en tube scellé pendant 8 heures à 130° avec un excès d'acide chlorhydrique concentré, il se décompose avec mise en liberté d'anhydride carbonique et production d'acétophénone :



$$C^6H^5 - C(SO^3Na) = CH - CO^2H + HCl + H^2O = C^6H^5 - CO - CH^3 + SO^2 + CO^2 + NaCl + H^2O.$$

c. Traité par la soude fondante agissant à 200°-220°, il se décompose en donnant

du sulfite, du benzoate et de l'acétate de sodium :

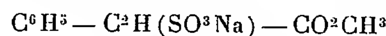


$$C^6H^5 - C(SO^3Na) = CH - CO^2Na + 2NaOH = C^6H^5 - CO^2Na + CH^3 - CO^2Na + SO^3Na^2.$$

Il résulte de ces faits que le composé sulfoné obtenu n'est pas saturé, et que le groupement sulfoné s'y trouve placé en position β par rapport au carboxyle.

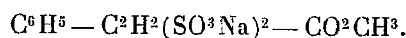
Le sulfite neutre de potassium a conduit de même au dérivé dipotassique correspondant $C^6H^5 - C(SO^3K) = CH - CO^2K$.

2° Le bisulfite de sodium réagit sur le phénylpropiolate de méthyle en donnant le cinnamate de méthyle-monosulfonate de sodium



$$C^6H^5 - C^2H(SO^3Na) - CO^2CH^3$$

et le phénylpropionate de méthyle-disulfonate de sodium



$$C^6H^5 - C^2H^2(SO^3Na)^2 - CO^2CH^3.$$

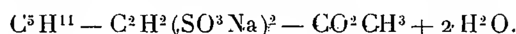
Dans la même réaction, il se forme, en outre, les deux composés qui dérivent des précédents par saponification, c'est-à-dire le sulfocinnamate disodique $C^6H^5 - C^2H(SO^3Na) - CO^2Na$ et le phényldisulfopropionate trisodique $C^6H^5 - C^2H^2(SO^3Na)^2 - CO^2Na$.

On obtient surtout le premier composé quand on chauffe ensemble à 100°, en tube scellé, pendant 8 heures, une partie de phénylpropiolate de méthyle, 8 parties de bisulfite de sodium (D 1,34) et 4 parties d'alcool méthylique. Dans le produit de la réaction, on peut, après un traitement par l'eau oxygénée, isoler, grâce à sa solubilité dans l'alcool à 95°, le cinnamate de méthyle-monosulfonate de sodium, que l'on purifie par cristallisation dans l'eau. Ce corps est avide de brome et réduit à froid le permanganate de potassium.

Pour préparer les trois autres corps, on a chauffé à reflux, pendant 40 heures, une partie de phénylpropiolate de méthyle avec 10 parties de bisulfite de sodium (D 1,36). Après oxydation des sulfites et élimination des sulfates, le mélange brut de sulfonates est épuisé au soxhlet par l'alcool à 95° bouillant, qui, lentement, entraîne le phénylpropionate de méthyle disulfonate de sodium et le sulfocinnamate disodique. On les sépare par cristallisation dans l'eau. Le résidu de l'épuisement par l'alcool bouillant est redissous dans son poids d'eau bouillante. De cette solution, on isole le dérivé trisodique par précipitations fractionnées au moyen de l'alcool fort. Le sel de baryum correspondant à ce sel trisodique est un précipité très fin et *très peu soluble.*

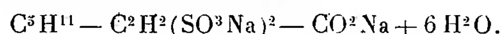
3° L'amylpropiolate de méthyle peut fixer 2^{mol} de bisulfite de sodium avec formation du dérivé disulfoné saturé. La réaction a été effectuée en chauffant cet éther-sel à reflux, pendant 30 heures, avec un excès de

bisulfite. Le corps qui a été obtenu répond à la formule



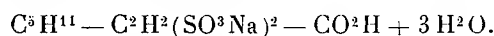
$$C^5H^{11} - C^2H^2(SO^3Na)^2 - CO^2CH^3 + 2H^2O.$$

a. Saponifié par la soude agissant en solution aqueuse à froid, en quantité théorique, il conduit au sel trisodique



$$C^5H^{11} - C^2H^2(SO^3Na)^2 - CO^2Na + 6H^2O.$$

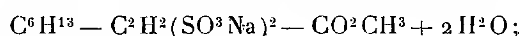
b. Traité par l'acide chlorhydrique concentré agissant pendant 8 heures à 120° en tube scellé, il fournit l'acide



$$C^5H^{11} - C^2H^2(SO^3Na)^2 - CO^2H + 3H^2O.$$

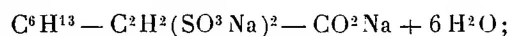
J'ai préparé d'une manière analogue :

L'hexylpropionate de méthyle-disulfonate de sodium



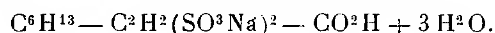
$$C^6H^{13} - C^2H^2(SO^3Na)^2 - CO^2CH^3 + 2H^2O;$$

L'hexyldisulfopropioniate trisodique



$$C^6H^{13} - C^2H^2(SO^3Na)^2 - CO^2Na + 6H^2O;$$

L'acide hexylpropionique-disulfonate de sodium



$$C^6H^{13} - C^2H^2(SO^3Na)^2 - CO^2H + 3H^2O.$$

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur quelques composés de la cholestérine donnant des cristaux liquides*. Note de M. **Paul Gaubert**, transmise par M. A. Lacroix.

La cholestérine se combine facilement avec diverses substances si elle est fondue avec ces dernières sur une lame de verre pendant quelques minutes seulement (¹). Les composés, que j'ai déjà décrits, donnent des cristaux liquides optiquement uniaxes et positifs, ayant une biréfringence de 0,035 à 0,060 et ne présentent pas les belles teintes épipoliques caractéristiques des cristaux liquides optiquement négatifs (propionate, benzoate, etc. de cholestérine, cyanobenzalaminocinnamate d'amyle actif, etc.). Le but de cette Note est de signaler l'existence de quelques nouveaux composés de la cholestérine, obtenus par le même procédé.

(¹) P. Gaubert, *Comptes rendus*, t. 145, 1907, p. 722; t. 147, 1908, p. 498; t. 149, 1909, p. 608.

Les divers acides tartriques, fondus avec de la cholestérine pendant 1 minute environ, donnent un liquide homogène, isotrope, qui, refroidi vers 145°, produit des cristaux ayant l'apparence de rhombes très allongés et possédant une très grande plasticité. Ils se déforment, en effet, sous l'influence d'une légère pression exercée sur le couvre-objet. Ils s'éteignent suivant les diagonales du losange, et c'est la direction du plus grand indice de réfraction n_g qui coïncide avec la grande diagonale (1). Si la température n'est pas trop éloignée de leur point de fusion, les particules cristallines de ces cristaux s'orientent de façon que l'axe optique soit perpendiculaire à la lame de verre et il se produit des plages très étendues, sans contour régulier, montrant en lumière convergente l'image et les caractères des corps uniaxes et optiquement positifs. Les cristaux à contour losangique sont donc hexagonaux ou quadratiques.

Ce qui est remarquable c'est que les cristaux, les plages uniaxes, les stries huileuses, les sphérolites et tous les édifices pouvant se produire dans un liquide visqueux biréfringent persistent à la température ordinaire, mais en devenant peu à peu solides, et leur dureté peut même atteindre celle du gypse. On a un fait identique à celui d'un corps fondu devenant solide sans prendre l'état cristallin. Ce cas est souvent réalisé par les corps organiques contenant des impuretés ou dont la température est abaissée au-dessous d'une certaine limite au delà de laquelle la substance perd la faculté de cristalliser (conchinine ou quinidine, papavérine, etc.).

Si l'on chauffe lentement les plages perpendiculaires à l'axe optique et, par conséquent, transparentes et claires, elles se troublent par la production d'un très grand nombre de petits sphérolites dans lesquels l'allongement optique a lieu suivant les rayons. Il semble, à première vue, qu'il y a production d'une seconde phase liquide biréfringente, mais il n'en est rien, on a toujours affaire à la même phase.

Les acides malique et lactique donnent avec la cholestérine des cristaux liquides ayant toutes les propriétés de ceux de l'acide tartrique.

Avec les acides maléique (2) et malonique chauffés avec la cholestérine, on obtient des cristaux liquides optiquement positifs, se produisant presque instantanément, mais seulement stables entre deux intervalles de température très rapprochés.

Avec la succinimide, on a des cristaux positifs identiques avec les précédents.

---

(1) Bien que les cristaux soient limités par des contours très réguliers, il n'a pas été possible de constater des caractères indiquant l'hémiédrie.

(2) L'acide fumarique, isomère de l'acide maléique, ne donne pas avec la cholestérine des cristaux liquides.

Pour obtenir des cristaux liquides avec les acides succinique, cinnamique et anisique, il faut les fondre avec la cholestérine à 160° environ pendant près de 1 heure. Les cristaux liquides obtenus sont optiquement négatifs et présentent les belles teintes épipoliques caractérisant tous les cristaux négatifs.

La phase liquide montrant les teintes épipoliques n'a pas été observée dans presque tous les corps que j'ai étudiés antérieurement, mais il est très probable qu'elle existe, d'après les observations que j'ai faites sur les cristaux liquides mixtes. Pour la mettre en évidence, il faudrait pouvoir empêcher la surfusion de la phase liquide isotrope ou ajouter un corps augmentant l'intervalle de température pendant lequel la phase liquide optiquement négative est stable. Ainsi le butyrate d'ergostérine, préparé par M. Tanret, donne une phase liquide optiquement positive très facile à constater, mais la phase négative apparaît rarement et, pour la voir constamment, il faut ajouter une petite quantité de *p*-azoxyphénétol.

BOTANIQUE. — *Nouvelles recherches sur la greffe des* Brassica. Note de M. **Lucien Daniel**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Je me suis proposé de rechercher si la greffe influe sur les rythmes du développement et de la mise en réserve chez certaines races ou espèces de *Brassica* cultivées. Au mois de mai dernier, j'ai greffé, par les procédés du greffage mixte en fente : 1° le Chou-navet sur le Chou-moellier; 2° le Chou-rave sur le Chou-moellier et sur le Chou cabus; 3° le Chou-fleur sur le Chou cabus; 4° le Chou cabus sur le Chou-moellier et sur le Chou-fleur; 5° le Navet sur le Chou-moellier; 6° le Chou cabus sur le Navet.

Ces greffes ont bien réussi, mais les résultats ont été fort variables, non seulement suivant les diverses séries, mais aussi pour les exemplaires différents d'une même série.

Le Chou-navet greffon, dans les greffes ordinaires, a fourni des tubercules de grosseur variable qui ont presque tous éclaté par l'action des pluies, quand les tubercules des témoins étaient plus uniformes, plus gros et plus résistants à l'éclatement. Dans les greffes mixtes de ces mêmes Choux, le tubercule du greffon était d'autant plus petit en général que les pousses laissées au sujet étaient plus développées. Seuls les tubercules les plus gros avaient éclaté. Au point de vue du développement, aucun des greffons n'avait fleuri chez les greffes ordinaires. Au contraire, dans les greffes mixtes, beaucoup de greffons avaient fleuri et même fructifié plus ou moins abondamment. Chez certains d'entre eux, l'inflorescence très ramifiée portait des pousses feuillées à base nettement tuberculeuse. Il s'était ainsi produit une floraison anormale comprise entre deux tuberculisations successives.

Des troubles de même nature, mais plus accentués encore, existaient chez quelques greffons de Choux-raves greffés sur Chou-moellier. Après avoir d'abord donné un faible tubercule allongé, le greffon a fleuri et fructifié, puis il a émis une pousse tuberculeuse qui a fructifié à son tour; enfin, à l'automne, sur le deuxième tubercule, se sont développées plusieurs pousses tuberculeuses allongées qui ont fleuri en octobre; en outre, sur le premier tubercule, s'étaient formés deux tubercules fusiformes assez gros, semblables, sauf la forme, à des tubercules normaux, devant fleurir l'année suivante. Le greffon avait donc présenté, au cours d'une même année, trois tuberculisations et trois floraisons successives. Normalement monocarpique et à floraison euchrone, il est devenu polycarpique et à floraison polychrone. La tuberculisation est devenue elle-même polychrone.

Les Choux cabus greffés n'ont pas modifié leur mode spécifique de développement; ils ont simplement donné des pommes plus ou moins serrées et de grosseur très inégale.

Les Choux-fleurs greffés ont tous mal formé leur pomme; ils ont porté des inflorescences plus ou moins fournies et garnies de fleurs, et ils ont été atteints par le *Cystopus candidus* quand les témoins étaient presque tous indemnes de maladie. Les Navets greffés s'étaient tuberculisés au sommet de la tige sujet et leur grosseur relative était d'autant plus forte que le niveau de la greffe était plus voisin du sol (loi de niveau); quelques-uns ont monté à fleurs et fourni des graines. Dans aucun cas, les tubercules greffons n'ont passé leur couleur au sujet, ni acquis celle du sujet; toutefois l'odeur du tubercule et sa dureté relative étaient modifiées à des degrés divers. Les réserves se sont accumulées dans les parties adaptées héréditairement à la fonction de réserve, exclusivement dans le greffon quand le sujet n'en avait pas, et parfois dans le sujet et le greffon à la fois, quand le sujet possédait normalement un tubercule comme dans le cas des greffes de Chou cabus sur Navet. Toutefois, dans ce dernier cas, le tubercule du sujet est resté toujours plus petit.

De ces expériences on peut tirer les conclusions suivantes :

1° Chez les *Brassica* greffés, les réserves s'accumulent seulement dans les régions de la plante adaptées héréditairement à la fonction de réserve. Elles ne passent, au travers du bourrelet, dans le sujet, que si celui-ci possède des tissus susceptibles de se tuberculiser.

2° Les rythmes spécifiques du développement et de la tuberculisation peuvent, dans certaines races de Choux, varier profondément sous l'influence de la greffe. Un *Brassica*, monocarpique bisannuel, à floraison et à tuberculisation euchrones, peut, une fois greffé, se transformer en une plante polycarpique, à floraison et à tuberculisation polychrones.

3° Ces divers résultats et leur grande variabilité suivant les séries de greffes de races ou espèces différentes, et suivant les exemplaires d'une même série, se comprennent facilement si l'on admet l'hypothèse de la variation par greffe que je souteins depuis longtemps; ils ne sauraient s'expliquer avec l'hypothèse contraire de l'immutabilité du sujet et du greffon.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *De l'influence de l'uranium et du plomb sur la végétation.* Note de M. J. **Stoklasa**, présentée par M. L. Maquenne.

Il est connu que la radioactivité est la plus forte source d'énergie. L'arbre généalogique du radium débute avec l'uranium et se poursuit avec l'ionium, les radiums A et F et le polonium; ensuite vient probablement le plomb. Dans mes études antérieures j'ai déjà fait remarquer que les eaux radioactives produisent un effet excellent, aussi bien sur la germination que sur le développement ultérieur de la plante; on peut dire la même chose des rayons Becquerel issus de la pechblende (Nasturan) quand on n'emploie pas plus de $0^g,5$ à 1^g de ce minéral dans chaque expérience de végétation. Les savants qui m'ont précédé dans cet ordre de recherches, entre autres Molisch, Fabre, Congdon, Giesel, etc., avaient employé des intensités beaucoup plus fortes, dépassant celle de 600 unités (*Macheeinheiten*) par litre d'air qui mesure la limite de ce que les plantes peuvent supporter, et c'est pour cela que l'on considère généralement l'émanation du radium comme funeste à la végétation.

Étant démontré maintenant que, à dose convenable, cette émanation est au contraire avantageuse, il était du plus haut intérêt de rechercher comment la végétation se comporte en présence des sels d'uranium et de plomb. Nous allons examiner successivement ces deux cas.

Les expériences relatives à l'uranium ont été faites dans de grands vases, partagés en cinq groupes de dix et contenant chacun $65^{kg},5$ de terre, une fumure uniforme renfermant :

12^g superphosphate à 18 pour 100 de P^2O^5.
6 nitrate de soude,
5 chlorure de potassium,

et enfin les quantités indiquées ci-après de nitrate d'urane $UO^2(NO^3)^2,6H^2O$. Les dix vases de chaque groupe ont été traités identiquement de la même manière, chaque groupe ne différant ainsi des autres que par la dose de nitrate d'urane ajoutée à la terre.

On a opéré sur le *Melilotus albus* qui, après 129 jours de végétation, a fourni, au total des dix vases composant chaque groupe, les poids suivants de récolte sèche :

	Nitrate d'urane.	U correspondant par vase.	U correspondant par hectare.	Matière sèche.	Excédent pour 100.
	g	g	kg	g	
Premier groupe....	0	0	0	716,84	»
Deuxième groupe ..	0,105	0,0501	2,5	892,28	24
Troisième groupe ..	0,211	0,1001	5,0	850,22	18
Quatrième groupe..	0,422	0,2002	10,0	837,81	17
Cinquième groupe..	0,844	0,4004	20,0	783,76	9

On voit que partout l'uranium a exercé une action favorable. Dans le groupe 2, avec $0^g,105$ de nitrate d'urane par vase, soit $2^{kg},5$ d'uranium à l'hectare, l'excédent par rapport au témoin atteint 24 pour 100 : c'est le maximum, mais même avec une quantité 8 fois plus grande on constate encore dans le groupe 5 un effet avantageux, équivalent à 9 pour 100 de matière végétale sèche en plus que sur le témoin. La toxicité de l'uranium n'apparaît pas encore à cette dose relativement forte.

Avec le plomb, les résultats sont du même ordre, sauf que ce dernier métal devient plus rapidement nocif. Dans cette seconde série d'expériences on a partagé les essais en douze groupes, comprenant chacun, comme ci-dessus, dix vases à végétation identiques. Dans chacun de ces vases, renfermant $8^{kg},2$ de terre, on a introduit :

$1^g,5$ nitrate de calcium,
1 superphosphate,
1 chlorure de potassium,

plus les quantités de plomb, sous forme de nitrate, qui sont indiquées dans le Tableau suivant; les expériences ont porté sur l'*Avena sativa* et le *Polygonum fugopyrum*.

	Plomb métallique.	*Avena sativa.* Fruits.	*Avena sativa.* Paille.	*Polygon. fagopyrum.* Fruits.	*Polygon. fagopyrum.* Paille.
	g	g	g	g	g
Premier groupe......	0	22,4	73,5	76,6	209,1
Deuxième groupe	0,0014	24,5	88,7	73,5	210,8
Troisième groupe	0,0028	30,8	89,3	79,9	210,2
Quatrième groupe ...	0,0043	32,7	90,3	79,8	202,0
Cinquième groupe ...	0,0057	31,9	91,5	81,2	208,0
Sixième groupe......	0,0071	47,8	99,1	94,3	211,0
Septième groupe.....	0,0085	48,2	99,3	95,8	212,3
Huitième groupe.....	0,0099	45,0	89,9	99,3	218,6
Neuvième groupe	0,0114	45,2	90,8	101,7	219,3
Dixième groupe......	0,0128	43,3	91,6	120,3	241,3
Onzième groupe.....	0,0142	42,9	97,1	121,1	242,7
Douzième groupe	0,0210	21,4	70,3	80,3	200,6

Dans les deux cas la végétation est fortement excitée par la présence d'une très petite quantité de plomb. Pour l'*Avena sativa* l'effet est déjà remarquable pour le groupe 4; il atteint son maximum d'intensité dans le groupe 7, avec $0^g,00852$ de plomb par vase, ce qui correspond à $0^g,000103$ pour 100^g de terre, soit $2^{kg},7$ par hectare.

L'excès de récolte ainsi réalisé avec le plomb sur l'*Avena sativa* s'élève à 115 pour 100 pour les fruits et 35 pour 100 pour la paille.

Au-dessus de cette dose optima le plomb agit moins favorablement; cependant dans le 11e groupe où l'on avait employé $0^g,023$ de nitrate de plomb, renfermant $0^g,0142$ de plomb métallique par pot, on a encore obtenu un excédent de récolte égal à 91 pour 100 pour les fruits et 32 pour 100 pour la paille. C'est seulement dans le 12e groupe, avec $0^g,0334$ de nitrate pour $8^{kg},2$ de terre, que le plomb commence à se montrer nuisible : la récolte, au total comme dans ses deux parties, est inférieure à celle qu'a donnée le témoin.

Le *Polygonum fagopyrum* est moins sensible que l'avoine : la dose toxique est à peine atteinte dans le 12e groupe et c'est seulement au 11e, avec $0^g,014$ de plomb par pot que le maximum d'effet s'observe : il correspond alors à un excédent, par rapport au témoin, de 58 pour 100 pour les fruits et 16 pour 100 pour la paille; la dose de plomb nécessaire a été de $0^g,000173$, soit $0^g,00028$ d'azotate pour 100^g de terre, ce qui équivaut à $4^{kg},52$ de métal ou $7^{kg},32$ de sel par hectare.

De ces expériences il faut conclure que l'uranium et le plomb, sous la forme de nitrates et en très petite proportion, augmentent sensiblement la production végétale; ces résultats ont été confirmés par les essais entrepris sur nos champs d'expérience.

Néanmoins nous devons reconnaître que l'influence de ces deux éléments est loin d'égaler celle du radium que nous avons signalée dans notre précédente Communication.

ACOUSTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Action sur les centres auditifs de vibrations sonores complexes et intermittentes.* Note de M. **Marage**, présentée par M. d'Arsonval.

J'ai indiqué précédemment comment, chez les sourds et les sourds-muets, on pouvait développer et mesurer l'acuité auditive au moyen des vibrations fondamentales des voyelles synthétiques.

Dans beaucoup de cas, c'est une véritable éducation de l'oreille, et le malade apprend à entendre en entendant d'abord des vibrations très simples, absolument comme l'enfant apprend à lire en débutant par l'alphabet.

Les vibrations que j'emploie ont une durée, une hauteur et une intensité variables, mais leur forme, ou leur timbre, si l'on préfère, est constant, puisque je n'utilise que les vibrations nécessaires et suffisantes pour reproduire OU, O, A, É, I.

Les vibrations de la parole sont beaucoup plus complexes parce que, en dehors des consonnes, qui sont des bruits supralaryngiens commençant ou finissant les voyelles, nous avons les voyelles elles-mêmes ; à chacune d'elles, se surajoutent le timbre particulier de chaque voix, et les malformations dues à une prononciation défectueuse.

Il était donc indiqué, après avoir fait l'éducation de l'oreille pour des vibrations très simples, de faire ensuite son éducation pour des vibrations plus complexes, de manière à se rapprocher le plus possible de la voix naturelle ; en d'autres termes, il fallait faire varier le timbre.

J'ai obtenu ce résultat de la façon suivante : les vibrations de la sirène, avant d'arriver au tympan, sont obligées de traverser un des moulages de la cavité buccale prononçant les différentes voyelles ; le timbre, au lieu d'être constant, change avec la note sur laquelle la voyelle est émise, et il devient d'autant plus complexe que cette note est plus grave.

Les photographies ci-contre montrent bien le phénomène ; si la sirène A fonctionne seule, on a le tracé de la figure 1 dont la forme reste toujours la même ; l'intensité seule augmente, puisqu'à la fin elle est 25 fois plus grande qu'au début ; si, sur le trajet des vibrations, on place le moulage de la bouche prononçant O (note fondamentale de la bouche : sol 3) le tracé primitif de la figure 1 est complètement transformé. Il varie à chaque note et est d'autant plus complexe que la note est plus grave (*fig.* 2).

On obtient des tracés analogues en remplaçant le moulage précédent par celui de OU (note buccale : si 2). Quel que soit le moulage, on entend toujours un A, mais c'est un A plus ou moins modifié ; c'est ce qui se produit chez les chanteurs qui ont une diction défectueuse. On voit donc qu'avec ce procédé, on peut faire varier à volonté les quatre qualités du son : la durée, la hauteur, l'intensité et le timbre ; ce que je viens de dire pour A est vrai pour les autres voyelles.

J'ajoute que ces vibrations, comme il était facile de le prévoir, ne fatiguent jamais l'oreille ; elles servent d'intermédiaire entre les vibrations fonda-

Fig. 1.

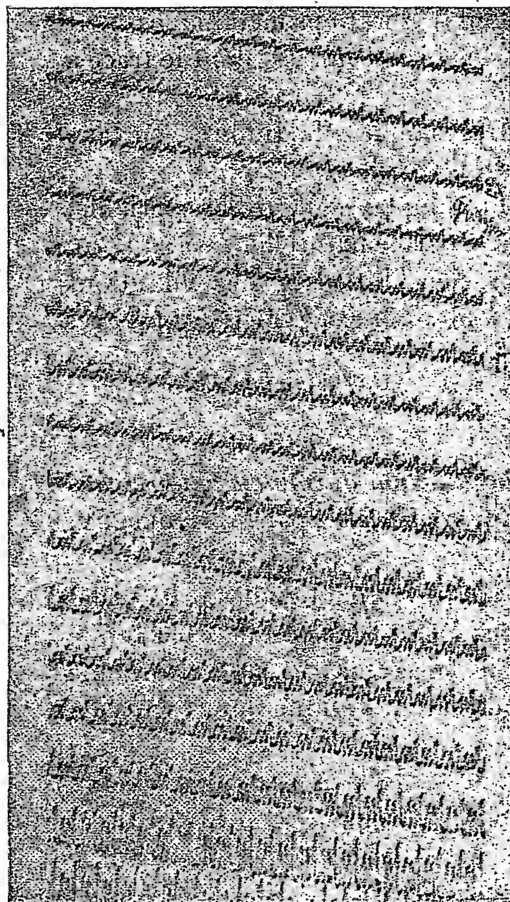
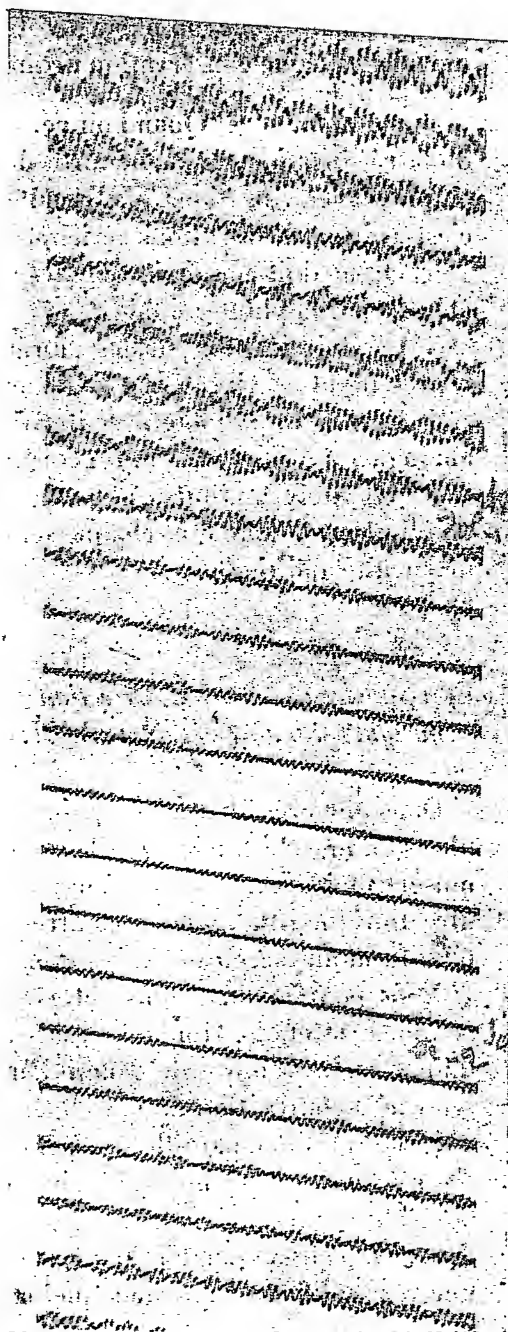


Fig. 2.



mentales des voyelles synthétiques et les vibrations de la voix naturelle, de telle sorte que les centres auditifs, qui ont été réveillés par elle, comprennent beaucoup plus vite et beaucoup plus facilement les vibrations complexes d'une conservation ordinaire.

Conclusions. — 1° Quand on veut faire l'éducation chez les sourds-muets, ou la rééducation chez les sourds de l'oreille et des centres auditifs, il faut employer les vibrations que l'oreille est destinée normalement à entendre, c'est-à-dire des vibrations aériennes et non des vibrations métalliques.

2° On ne doit employer que des vibrations bien connues, dont le tracé a été pris par la photographie.

3° On doit débuter par des vibrations très simples de timbre constant représentant les vibrations fondamentales des voyelles.

4° Ensuite on emploie des vibrations plus complexes, de timbre variable, analogues à celles que l'on rencontre dans la parole naturelle.

5° On doit toujours pouvoir faire varier l'intensité des vibrations employées, de manière, chaque semaine, à mesurer exactement les progrès de l'acuité auditive.

HISTOLOGIE. — *Forme, direction et mode d'action du muscle ciliaire chez quelques Mammifères.* Note de M. **J. Mawas**, présentée par M. Henneguy.

Dans une précédente Note, nous avons décrit la direction des principales fibres du muscle ciliaire de l'Homme. Nous avons montré que, chez lui, le muscle était composé par deux ordres de faisceaux, les uns ayant une direction longitudinale, les autres une direction oblique antéro-interne, plus ou moins accentuée suivant les cas.

Nous poursuivons, dans cette Note, l'étude de la musculature ciliaire commencée chez l'Homme. Nous décrirons brièvement le muscle ciliaire d'un certain nombre de Mammifères, et nous indiquerons, à la suite, le sens de la contraction du muscle et son mode d'action.

L'intérêt d'une pareille étude ne réside pas seulement dans le fait d'arriver à une notion morphologique exacte. Connaissant la direction des faisceaux composants, on en induit facilement le sens de leur contraction et l'effet de celle-ci sur les fibres zonulaires et le cristallin. Ainsi s'établira une base solide, à l'aide de laquelle on aura une meilleure compréhension du phénomène si complexe de l'accommodation de l'œil aux distances.

Le corps ciliaire qui ressemble le plus à celui de l'Homme est, sans contredit, celui des *Singes*. Nous avons étudié particulièrement celui de *Macacus Rhesus*. Le muscle a une forme triangulaire, à base tournée du côté de la chambre antérieure et de la racine de l'iris. Les faisceaux qui composent ce muscle sont, en majeure partie, des *faisceaux longitudinaux*. Ils vont du ligament pectiné à l'*ora serrata* où ils se terminent en diminuant de nombre et d'épaisseur. Dans la région moyenne du corps ciliaire, celle précisément occupée par les procès ciliaires, quelques-uns des faisceaux longitudinaux tendent à monter vers les procès et prennent une direction oblique antéro-interne. Ils correspondent aux faisceaux obliques de l'Homme, mais ici leur nombre est moins considérable. Il n'y a pas trace, chez *Macacus*, de faisceaux circulaires.

Il est à remarquer que seul, parmi les Mammifères, le Singe présente des faisceaux obliques. En effet, ni chez le Chien, ni chez le Chat, on ne trouve de pareils faisceaux, pas plus que chez le Lapin, le Lièvre, le Cobaye, etc.

Le *Chien* possède un muscle ciliaire assez développé. Il a une forme générale aplatie et est uniquement composé par des *faisceaux longitudinaux*. Ces faisceaux s'anastomosent parfois entre eux, mais sont toujours séparés les uns des autres par un tissu conjonctif assez abondant, excepté au niveau de la sclérotique, où ils sont tassés contre les lamelles sclérales. Les faisceaux commencent au ligament pectiné et se terminent avant l'ora serrata. Du côté antérieur les faisceaux se séparent et vont prendre appui sur les fibres du ligament pectiné. On voit quelquefois, chez le Chien, un gros faisceau musculaire unique, qui se dirige vers la base de l'iris.

L'œil du *Chat* ressemble à celui du Chien. Son muscle ciliaire, toutefois plus puissant, a la même structure générale et la même direction. Ses faisceaux sont tous des faisceaux *longitudinaux* et se terminent du côté du ligament pectiné par des groupements isolés.

Il en est de même de l'œil du *Mouton*, du *Veau* et du *Porc*. Chez ce dernier, toutes les fibres ont une direction longitudinale, mais leur terminaison du côté du ligament pectiné se fait en masse compacte, et non en faisceaux individualisés.

Le *Lapin* est de tous les Mammifères domestiques celui dont le corps ciliaire est le moins développé, et chez qui le muscle se réduit à sa plus simple expression : quelques fibres musculaires lisses au sein d'un tissu conjonctif et élastique abondant. Il arrive même que, chez quelques exemplaires albinos, il n'y est presque plus représenté et qu'il est difficile sur certaines coupes d'en étudier la direction.

La direction générale des faisceaux du muscle ciliaire des Mammifères est donc une direction méridienne. Les faisceaux musculaires sont concentriques et parallèles à la direction de la sclérotique. L'effet de leurs contractions serait de raccourcir la surface du corps ciliaire et de rapprocher

l'un de l'autre le ligament pectiné et l'ora serrata. Il en résulterait fatalement le relâchement des fibres zonulaires postérieures, et la tension des fibres antérieures.

ZOOLOGIE. — *Un appareil aérien de type particulier chez un Lémurien (Microcebus minor minor* E. Geoffr.). Note de MM. **R. Anthony** et **I. Bortnowsky**, présentée par M. Edmond Perrier.

Un certain nombre de Rongeurs, de Marsupiaux et le Galéopithèque sont connus pour posséder un appareil aérien de fonctionnement passif essentiellement en rapport avec l'adaptation arboricole, et auquel on donne le nom de *patagium* (*propatagium* fermant le pli du coude; *pleuropatagium*, reliant le long du flanc le membre antérieur au postérieur; *métapotagium*, fermant le pli fémoro-tibial et descendant plus ou moins le long de la queue). C'est d'un patagium de type analogue que dérive sans aucun doute l'appareil volant actif des Cheiroptères.

Il y a quelques années, Beddard avait indiqué une ébauche de pleuropatagium chez le Propithèque. L'an dernier, l'un de nous a signalé (*Ann. des Sciences naturelles : Zoologie*, 1912), pour la première fois, l'existence d'un pleuropatagium nettement caractérisé et très développé chez un Lémurien (*Microcebus minor minor* E. Geoffr.).

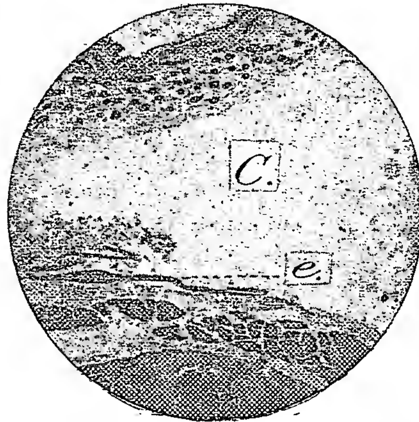
Ce pleuropatagium présente une constitution remarquable et très particulière. Sous la peau qui le constitue est une cavité très considérable, plus développée à droite qu'à gauche, et s'étendant sur le dos, la base des quatre membres, la région dorsale du crâne, se prolongeant même jusque dans les pavillons auriculaires. Cette cavité est tapissée d'un épithelium mince reposant sur une couche de tissu conjonctif condensé.

Il paraît naturel de penser qu'elle est en rapport avec l'extérieur et qu'elle doit pouvoir à certains moments se gonfler d'air. Elle serait, par conséquent, comparable au point de vue fonctionnel, aux sacs aériens des Oiseaux et devrait être aussi rapprochée de celle dont K. Deninger a constaté la présence (1910) chez un Reptile bien connu de la famille des Agamidæ, le Draco.

Nous avons recherché, du côté de l'appareil respiratoire, le point de communication possible de cette cavité avec l'extérieur. On sait que certains Lémuriens (*Indris*) présentent un sac aérien rétro-trachéal (A. Milne-Edwards et A. Grandidier). Nous avons reconnu, chez le *Microcebus*, la présence d'un organe semblable, mais qui paraît ressembler plutôt à un

canal qu'à un véritable sac renflé et court. Ce canal paraît se continuer en bas par des sortes de petits canalicules par lesquels pourrait peut-être s'établir la communication de la cavité sous-cutanée avec l'extérieur.

Cette étude a pu être effectuée grâce à un lot de neuf *Microcebus* rapportés de Madagascar par M. Geay en 1906, et remis au laboratoire d'Anatomie



C, cavité sous-cutanée; *e*, épithélium tapissant les parois de la cavité (dans les autres endroits de la préparation l'épithelium a disparu par le fait des mauvaises conditions de fixation indiquées au cours de la Note). En haut : paroi externe de la cavité; en bas : paroi interne de la cavité (paroi thoracique). (Michrophot. de M. L. Semichon.)

comparée du Muséum. Ces animaux, conservés *in toto* depuis plusieurs années dans l'alcool, ne constituent pas un matériel de premier choix pour des recherches histologiques, et, nous avons dû, de ce fait, laisser dans l'obscurité un certain nombre de points de détail. Néanmoins, nous pouvons résumer ainsi les résultats essentiels de nos recherches :

1° Il existe, chez les *Microcebus* que nous avons examinés, un appareil patagial très développé (*pleuropatagium*).

2° Quand on sectionne la peau au niveau de ce patagium (côté droit), on constate la présence d'une cavité sous-cutanée spacieuse qui s'étend sur la plus grande partie du corps.

3° Cette cavité sous-cutanée est tapissée d'un épithelium, ce qui paraît impliquer sa communication avec l'extérieur.

4° Cette communication s'effectue probablement par un conduit rétro-trachéal qui présente la même signification morphologique que le sac rétro-trachéal des *Indris*.

Le Mémoire où sera décrit cet appareil aérien, si particulier, paraîtra incessamment dans un autre Recueil.

BACTÉRIOLOGIE. — *Action des sels d'uranium et de l'uranium métallique sur le bacille pyocyanique.* Note de MM. H. **Agulhon** et R. **Sazerac**, présentée par M. Émile Roux.

Nous avons continué le travail que nous avons entrepris sur l'action des sels d'uranium sur les micro-organismes [1] par l'étude de leur manière d'être vis-à-vis du Bacille pyocyanique.

Nous nous sommes tout d'abord adressés aux sels solubles (acétate et nitrate) que nous ajoutions aux milieux de culture à des dilutions variées.

Cultures sur bouillon glycériné ou sur sérum hydrolysé [2] : les cultures sont faites en tubes à essais sur 5^{cm^3} de milieu. Après le temps voulu de culture, on reprend par 5^{cm^3} de chloroforme; la pyocyanine entraînée est dosée comparativement dans les divers tubes au colorimètre; en prenant arbitrairement l'épaisseur de 7^{mm} pour les témoins, on obtient la même coloration avec les autres tubes placés sous les épaisseurs données dans le Tableau suivant; la quantité de pyocyanine formée leur est donc inversement proportionnelle.

Doses de sels d'urane.	$\frac{1}{500000}$.	$\frac{1}{100000}$.	$\frac{1}{50000}$.	$\frac{1}{10000}$.	$\frac{1}{5000}$.	$\frac{1}{1000}$.	$\frac{1}{500}$.	$\frac{1}{200}$.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm		
Nitrate d'U, bouillon glycériné	7,6	7,7	6,6	6	5,2	4,7	»	»
	8,5	7,5	5,5	5	4,9	4,8	»	»
Nitrate d'U (sérum hyd.).	»	»	»	5,5	4	4,5	6	o cult.
Acétate d'U (sérum hyd.).	»	»	»	4	4	4,5	o cult.	»

On voit, d'après les chiffres du Tableau précédent, que pour le bacille pyocyanique :

1° La dose toxique est, avec l'acétate d'urane, le $\frac{1}{500}$; avec le nitrate, le $\frac{1}{200}$;

2° Les doses de ces sels allant du $\frac{1}{50000}$ au $\frac{1}{1000}$ sont très nettement favorisantes; si la teneur en pyocyanine est proportionnelle à la coloration, on peut compter des augmentations de 75 pour 100 dans la formation de la matière colorante. L'augmentation semble aussi porter sur la croissance du

---

(1) *De l'action de l'uranium sur certains micro-organismes* (*Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. II, 1912, p. 868) et *Activation de certains processus d'oxydation microbiens* (*Comptes rendus*, t. 155, 2 décembre 1912, p. 1186).

(2) Le sérum hydrolysé, étendu et additionné de certains sels, a été indiqué par Frouin comme milieu de culture très général; il est particulièrement favorable à la culture du B. pyocyanique et à la production du pigment bleu par ce microbe (*Comptes rendus Soc. Biol.*, t. 78, 1910, p. 801).

microbe, car avec les doses favorables des sels d'urane, le voile microbien apparaît plus rapidement et semble plus épais pendant toute la durée de la culture.

3° Les doses inférieures au $\frac{1}{50000}$ sont légèrement défavorables; nous retrouvons ici ce curieux fléchissement de la courbe d'action des sels d'urane que nous avions noté à propos du *Mycoderma aceti* et du *Bacterium xylinum*.

Nous nous étions posé, dans la Note précédente, la question de savoir si l'activation par les sels d'urane était due à la présence de l'uranium en tant qu'élément chimique intervenant dans les réactions vitales ou bien à son pouvoir radioactif. Dans le but d'élucider ce problème, nous avions pensé tout d'abord à nous adresser aux sels d'urane insolubles; nous avons fait un certain nombre d'expériences avec les uranates de potassium et d'ammonium; les résultats ont été tout à fait favorables et des augmentations considérables ont été observées en ajoutant au milieu de culture des doses allant de $0^g,1$ à 1^g pour 100; les augmentations dans la production de pyocyanine ont dans beaucoup de cas dépassé 100 pour 100; mais nous avons vu que dans les conditions où nous opérions une partie du sel passait en solution, probablement par un processus de double décomposition avec les sels du milieu pendant la chauffe à l'autoclave; nous introduisions donc dans la culture non seulement de l'urane à l'état de sels solubles, mais encore du potassium ou de l'ammoniaque, ce qui pouvait contribuer à l'activation observée. Nous nous sommes alors adressés à l'uranium métallique [1].

En ajoutant dans du bouillon ordinaire $0^g,1$ pour 100^{cm^3} d'uranium, nous avons observé, dans plusieurs expériences, des augmentations de la teneur en pyocyanine allant de 27 à 60 pour 100; nous avons alors employé des milieux de composition définie en nous servant d'un mélange renfermant : asparagine, 5^g; phosphate de potassium, 1^g; sulfate de magnésium, 1^g; eau, 1000^g; nous n'avons obtenu aucune culture sur les tubes témoins, le microbe n'étant pas accoutumé préalablement à ce milieu; au contraire, les vases contenant 1^g pour 100 d'uranium métallique ont cultivé au bout de 24 heures. L'influence de l'uranium est tout à fait curieuse dans cette expérience; sa présence semble donner au microbe une vitalité qui permet son développement dans des conditions qui lui sont peu favorables. Sur le milieu indiqué par

(1) Nous nous sommes servis d'uranium Moissan. rendu par la maison Poulenc; cet uranium renferme une certaine quantité de carbure, au contact de l'eau, ce carbure donne naissance à toute une série de carbures d'hydrogène, qui sont plus ou moins antiseptiques; nous avons donc été obligés de purifier notre métal par une série d'épuisements à l'eau bouillante, c'est une précaution qu'il ne faut pas négliger si l'on veut obtenir des résultats constants dans les expériences.

Gessard (succinate d'ammoniaque, 10g; sulfate de manganèse, 2g; phosphate de potassium, 5g; eau, 1000g), nous avons obtenu en présence d'uranium, avec un microbe non habitué, une culture visible au bout de 18 heures, alors que les témoins ne partent que le troisième jour. Avec un microbe habitué, sur le même milieu, tous les tubes sont partis au bout de 18 heures, mais le voile est nettement plus épais en présence du métal, et, dans ce dernier cas, la coloration bleue apparaît beaucoup plus rapidement, elle se maintient plus accentuée pendant toute la durée de la culture; au bout de 10 jours, on dose la pyocyanine au colorimètre et l'on observe pour les tubes contenant l'uranium métallique une augmentation allant de 50 à 57 pour 100.

Dans les liquides neutres que nous employons comme milieux, la quantité de métal qui peut passer en solution est infime; or, nous avons vu que les très petites doses de sels d'urane sont inactives ou même légèrement défavorables; étant donnée l'activité de l'uranium métallique sur le Bacille pyocyanique, il faut admettre un autre mécanisme que celui de l'intervention chimique, sans doute l'*action radioactive;* l'expérience tout à fait concluante à cet égard eût été celle où l'uranium ne se fût pas trouvé en contact avec le milieu : nous avons fait de nombreux essais avec des tubes scellés, les résultats, bien que favorables, ont toujours été très faibles; cela s'explique du fait que le verre, sous l'épaisseur qu'il nous fallait employer pour que les tubes résistent à la stérilisation, retient la majeure partie des rayons uraniques, rayons α et β.

BACTÉRIOLOGIE. — *Influence des sels d'uranium et de thorium sur le développement du bacille de la tuberculose.* Note de M. **P. Becquerel**, présentée par M. L. Maquenne.

Connaissant déjà l'influence très nette des sels radioactifs de thorium et d'uranium sur la germination des graines et le développement ultérieur de leurs organes, je me suis demandé si ces mêmes substances n'auraient pas une action analogue sur la multiplication du bacille de la tuberculose et s'il n'y aurait pas là une indication intéressante pour la chimiothérapie.

Mes premières expériences ont été faites *in vitro* avec des cultures pures sur des milieux où le bacille croît et se multiplie avec la plus grande rapidité. J'ai adopté comme milieu nutritif le bouillon de veau préparé de la manière suivante : pour 6^l, 2^{kg} de viande hachée, 60^g de peptone, 200^g de glycérine et 30^g de sel marin, le tout légèrement alcalinisé avec une solution de soude. Ensuite ont été préparées, pour chacun des deux sels étudiés, l'azotate d'urane et l'azotate de thorium, cinq solutions titrées au $\frac{1}{10}$, au $\frac{1}{100}$,

au $\frac{1}{1000}$, au $\frac{1}{10000}$ et au $\frac{1}{100000}$, devant servir à autant de séries d'expériences.

Chaque série comprenait 20 ballons renfermant chacun 25^{cm^3} de bouillon de veau glycériné. Dix de ces ballons servaient de témoins; dans chacun des dix autres on versait 1^{cm^3} d'une des solutions salines précédentes; après stérilisation et ensemencement par une race de bacilles de la tuberculose humaine, ayant l'origine C du 22 mars 1912 de l'Institut Pasteur, les 200 ballons représentant les cinq séries ont été placés dans des étuves réglées à la température de 38°.

Au bout de trois semaines, nous avons obtenu les résultats indiqués dans le Tableau suivant :

Numéros des expériences.	Titre des solutions.	Poids du sel en gramme par cm³.	Surface du voile pour 100 de surface totale.	
			Azotate d'urane.	Azotate de thorium.
1.................	$\frac{1}{10}$	0,004	0	0
2.................	$\frac{1}{100}$	0,0004	25	90 à 95
3.................	$\frac{1}{1000}$	0,00004	85 à 90	75 à 85
4.................	$\frac{1}{10000}$	0,000004	70 à 80	75 à 85
5.................	$\frac{1}{100000}$	0,0000004	70 à 80	75 à 85
Témoin	»	0	70 à 80	75 à 85

La grandeur du voile qui s'étend à la surface du liquide étant prise comme mesure du développement du bacille, on voit immédiatement que l'azotate d'urane est beaucoup plus toxique que l'azotate de thorium : en effet, alors que $0^g,0004$ d'azotate d'urane par centimètre cube de bouillon retarde la croissance du microbe jusqu'à la rendre presque nulle, la même dose d'azotate de thorium l'active.

On remarque encore qu'il y a pour chaque sel une dose optima qui favorise l'évolution du bacille et qui est beaucoup plus forte pour le thorium que pour l'uranium ; pour le premier elle serait, par centimètre cube de bouillon, voisine de $0^g,0004$ et pour le second de $0^g,00004$ seulement, c'est-à-dire dix fois moindre.

En examinant au microscope les liquides de culture, nous avons constaté que, dans les milieux où les substances radioactives ont arrêté ou retardé la multiplication, un grand nombre de bacilles offraient des formes de dégénérescence et que beaucoup d'autres paraissaient s'enkyster et même sporuler, s'il est possible d'appeler spores les condensations protoplasmiques colorées par le Ziehl qui se produisent à l'intérieur de ces microbes et dont la nature cytologique est encore mal définie.

Quant aux bacilles des cultures où la croissance a été stimulée, leur

structure interne est analogue à celle qu'on observe dans les cultures témoins.

En résumé, les sels radioactifs de l'uranium et du thorium se comportent, au point de vue physiologique, comme beaucoup d'autres sels non radioactifs. Ils ont aussi chacun une dose optima produisant chez le bacille un maximum d'excitation de ses fonctions assimilatrices; au-dessus de cette dose, les fonctions de nutrition sont de plus en plus ralenties jusqu'à disparaître; au-dessous, il n'y a plus d'action visible et la croissance se fait normalement, comme si ces matières n'existaient pas dans le milieu de culture.

Néanmoins, ces résultats peuvent encore intéresser la chimiothérapie, car, si les effets constatés *in vitro* se produisent aussi *in vivo*, on voit qu'il y aurait un certain danger à introduire, dans un sérum ou une substance médicamenteuse quelconque, une dose de ces sels qui serait peut-être susceptible de causer une exagération de vitalité du bacille plutôt que son ralentissement.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur les cultures colorées de Bactéries considérées jusqu'à présent comme achromogènes.* Note de MM. **Ph. Lasseur** et **G. Thiry**, présentée par M. L. Mangin.

On sait que le *Bacillus mesentericus ruber* (Bacille rouge de Globig) donne d'habitude des cultures légèrement colorées en rose. En cultivant cette Bactérie sur le milieu synthétique, dont l'un de nous a donné la composition [1] (eau 100^g; asparagine $0^g,900$; glycérine $2^g,5$; phosphate dipotassique $0^g,250$; sulfate de magnésie $0^g,500$; chlorure de calcium 0^g040; sulfate ferreux $0^g,010$), nous avons obtenu des cultures offrant d'épais voiles plissés d'un rouge intense.

Cette observation nous a amenés à rechercher si d'autres espèces, voisines de *B. mesentericus ruber*, considérées jusqu'ici comme achromogènes, ne pourraient pas également donner des cultures colorées.

Nous avons expérimenté avec des Bacilles de provenance connue, et dans les conditions suivantes : le liquide synthétique est réparti à la dose de 10^{cm^3} dans des ballons à fond plat de 60^{cm^3} à 70^{cm^3} de capacité. Après

(1) Ph. Lasseur, *Contribution à l'étude de* B. chlororaphis *Guignard et Sauvageau* (*Thèse de doct. ès sciences*, Nancy, 1911, p. 56).

stérilisation les ballons sont ensemencés avec un fragment de voile provenant de cultures âgées de 6 à 7 jours au maximum. Enfin, les vases ensemencés sont placés à l'étuve à 35° C.

L'origine des Bacilles et les résultats obtenus sont indiqués dans le Tableau suivant :

Formes étudiées.	Collections de MM.	Colorations du voile.	Colorations du liquide.
B. subtilis A	Uhlenhuth (Strasbourg)	Rouge	Rose, rouge, violet rouge
B. subtilis B	Uhlenhuth (Strasbourg)	Rouge	Rose, rouge, violet rouge
B. subtilis	Courmont et Rochaix (Lyon)	Rouge	Rose, rouge, rouge violacé
B. subtilis P	Lasseur et Thiry (Nancy)	Rouge	Rose, rouge, rouge violet
B. subtilis	X... (Fribourg)	Rouge	Rose, jaune
B. subtilis Morez	Courmont et Rochaix (Lyon)	Jaune, rouge	Rose, orangé, jaune
B. mesentericus vulgatus	Neisser (Francfort)	Blanche	Rose, rouge, rouge violet
B. mesentericus	Ficker (Berlin)	Blanche, rouge	Rose, rouge, rouge violet, rouge brun
B. mesentericus	Lehmann (Wurzbourg)	Blanche, rouge brun	Rose, rouge, violet rouge
B. mesentericus vulgatus	Calmette (Lille)	Blanche	Rose, rouge, rouge violet, jaune
B. peptonis, XII. Flügge	Neisser (Francfort)	Blanche	Rose, rouge, violet rouge
B. vulgatus	Fraenken (Halle-s.-S.)	Rose, rouge brique	Rose, rouge orangé, jaune
B. mesentericus vulgatus	Courmont et Rochaix (Lyon)	Blanche, rouge	Rose, jaune
B. mesentericus ruber	Lasseur et Thiry (Nancy)	Rouge	Rose, rouge, brun acajou
B. mesentericus fuscus	Kral (Vienne)	Rose, rouge brique	Rose, rouge violacé
B. mesentericus niger	Courmont et Rochaix (Lyon)	Blanche, ardoisée	Bleu par réflexion et violet par transparence, puis noir
B. mesentericus niger	Beyerinck (Delft)	Blanche, ardoisée	Bleu par réflexion et violet par transparence, puis noir
B. mesentericus niger	Kral (Vienne)	Blanche, ardoisée, rose	Rose, bleu par réflexion et violet par transparence, puis noir
B. Megatherium	Calmette (Lille)	Blanche	Rouge, rouge violacé
B. Megatherium	Lehmann (Wurzbourg)	Blanche, parfois plages rouges	Rose, violet rouge, jaune
B. Megatherium	Ficker (Berlin)	Blanche	Rose violacé, bleu, jaune

Ces recherches nous amènent, en outre, à formuler les observations suivantes :

1° Cinq types de *B. subtilis* (provenant des collections de MM. Ficker, Fraenken,

Kossel, Lehmann, Neisser) et un type de *B. peptonis*, VII. Flügge (collection Neisser), ne se sont pas développés en milieu synthétique. Néanmoins, toutes ces Bactéries ont donné des cultures normales sur les milieux usuels.

2° Sur carotte, pomme de terre ou gélatine, suivant les espèces, on obtient des cultures colorées : en rose, avec *B. subtilis* Morez et *B. subtilis* A d'Uhlenhuth; en brun, avec *B. mesentericus fuscus* de Kral, et en noir, avec les trois types de *B. mesentericus niger* expérimentés. Toutes les autres Bactéries citées dans le Tableau donnent des cultures blanches ou jaunâtres.

3° Si l'on reporte sur les milieux usuels des cultures colorées par suite du passage en milieu synthétique, on obtient des cultures incolores.

En résumé, à la suite de nos recherches, nous croyons pouvoir formuler les conclusions suivantes :

1° La culture en milieu synthétique permet d'exalter la fonction chromogène de certaines Bactéries (*B. mesentericus ruber* de Lasseur et Thiry, *B. vulgatus* de Fraenken, *B. subtilis* Morez de J. Courmont et Rochaix, *B. subtilis* A d'Uhlenhuth).

2° Certaines Bactéries, considérées jusqu'à présent comme achromogènes, donnent sur milieu synthétique des cultures colorées.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Synthèse biochimique de glucosides d'alcools (glucosides α) à l'aide d'un ferment (glucosidase α) contenu dans la levure de bière basse séchée à l'air : éthylglucoside α.* Note de MM. **Em. Bourquelot, H. Hérissey** et **M. Bridel**, présentée par M. E. Jungfleisch.

Les glucosides d'alcools dérivés du glucose-*d*, obtenus synthétiquement à l'aide de l'émulsine [1], sont lévogyres et, pratiquement, complètement hydrolysables, en solution aqueuse, par cette même émulsine qui a servi à les préparer; ils appartiennent donc à la série des glucosides β de E. Fischer.

Lorsqu'on dissout ces glucosides dans les alcools correspondants, préalablement chargés de gaz chlorhydrique, ils sont transformés en leurs composés isomères, dextrogyres, non hydrolysables par l'émulsine, mais bien par un enzyme contenu dans la levure de bière basse séchée à l'air; ces glucosides rentrant dans la série α de E. Fischer, on peut, d'une manière

---

[1] L'obtention de neuf de ces glucosides a été exposée par MM. Em. Bourquelot et M. Bridel dans différentes Notes publiées dans ces *Comptes rendus* au cours de l'année dernière.

explicite, désigner le ferment, qui les dédouble, sous le nom de *glucosidase α*.

Le fait que l'émulsine, qui hydrolyse les glucosides β, peut effectuer la réaction inverse, c'est-à-dire la synthèse de ces mêmes glucosides, nous a amenés à penser, par analogie, que la glucosidase α de la levure basse, qui hydrolyse les glucosides α, pourrait de même effectuer la synthèse biochimique de ces glucosides α.

Nous avons déjà publié (¹) les résultats d'un certain nombre d'essais préliminaires institués en vue de vérifier cette hypothèse. Ces premières recherches nous ont amenés à conclure que la glucosidase α, comme l'émulsine, était bien, en effet, susceptible de déterminer des processus synthétiques; en outre, elles nous ont renseignés sur les conditions les plus favorables à la réalisation de ces derniers. C'est ainsi que nous avons constaté, avec les alcools méthylique et éthylique, qu'il était nécessaire, pour obtenir des résultats positifs, d'utiliser des liquides alcooliques d'un titre relativement bas; la synthèse, aussi bien d'ailleurs que l'hydrolyse, ne pouvaient être déterminées, en milieu alcoolique, que dans des alcools renfermant au moins de 65 à 70 pour 100 d'eau, en volume.

En tenant compte de ces indications, nous avons déjà pû préparer, par synthèse biochimique, à l'état cristallisé, l'éthylglucoside α, obtenu d'ailleurs, il y a une vingtaine d'années, par voie purement chimique (Em. Fischer).

La solution de glucosidase α a été préparée en faisant macérer, pendant 16 heures, à +33°, 10 parties de levure de bière basse, lavée par décantation puis séchée à l'air, dans 100 parties d'eau toluénée, et filtrant.

D'autre part, on a fait à chaud une solution aqueuse au dixième (1g pour 10cm³) de glucose pur.

Ces deux liquides ont été mélangés, puis additionnés d'eau et d'alcool, selon les indications ci-dessous :

Macéré de levure		cm³ 200
Solution de glucose		200
Eau distillée		48
Alcool à 90°		200
Alcool à 30°	q. s. pour	2000

Le tout a été abandonné à la température du laboratoire (+15° à +18°) et agité de temps en temps.

Le titre alcoolique de ce mélange était sensiblement de 30°; la rotation initiale

(¹) *C. R. Soc. de Biologie*, t. LXXIII, 1912, p. 641.

était de $+1°2'$ ($l = 2$). Les rotations observées jusqu'à l'arrêt de la réaction ont été les suivantes :

Durée...........	5 jours	10 jours	15 jours	20 jours
Rotation.........	$+1°22'$	$+1°34'$	$+1°42'$	$+1°50'$

Une fois la réaction arrêtée, on a filtré le liquide et on l'a porté à l'ébullition ; on l'a ensuite évaporé à sec, sous pression réduite, en présence de carbonate de calcium. On a repris l'extrait par 250$^{cm^3}$ d'eau distillée et l'on a ajouté 5^g de levure *des boulangers* (1) dans le but de détruire, par fermentation, le glucose non combiné.

Après 20 heures, on a filtré la liqueur, on l'a portée à l'ébullition, puis on l'a filtrée de nouveau, et finalement on l'a évaporée à sec. On a traité le résidu à trois reprises différentes, à l'ébullition, par 200$^{cm^3}$ d'éther acétique anhydre à chaque fois. On a réuni les solutions éthéro-acétiques et on les a concentrées à 100$^{cm^3}$. On a amorcé avec une trace d'éthylglucoside α (2) obtenu par isomérisation de l'éthylglucoside β, préparé lui-même par synthèse biochimique : une cristallisation rapide s'est produite.

On a recueilli les cristaux; on les a purifiés par une nouvelle cristallisation dans l'éther acétique et on les a séchés dans le vide sulfurique.

Ce produit, purifié par une nouvelle cristallisation dans l'acétone, présentait les propriétés suivantes :

Pouvoir rotatoire $\alpha_D = +150°,64$.

Il ne réduisait pas la liqueur cupro-potassique.

Soumis, en solution aqueuse, à l'action d'une petite quantité de macération de levure basse, séchée à l'air (glucosidase α), il a été rapidement hydrolysé et a donné comme indice de réduction enzymolytique (nombre de milligrammes de sucre réducteur produit dans 100$^{cm^3}$ pour un recul de 1°) 421, alors que l'indice théorique calculé sur le pouvoir rotatoire trouvé par E. Fischer, $+150°,6$, est de 411.

Ce produit est donc bien de l'éthylglucoside α.

Le rendement, calculé par rapport au glucose employé, a été de 33 pour 100.

PALÉONTOLOGIE. — *Influence du mode de vie sur la ligne suturale des Ammonites appartenant à la famille des Cosmocératidés.* Note de M. **Robert Douvillé**, présentée par M. Henri Douvillé.

Divers auteurs ont signalé les relations pouvant exister chez les Ammonites entre le mode de vie et la forme de la coquille.

C'est ainsi qu'en 1904, Solger attribuait la dissymétrie de la ligne de

(1) Cette levure fait fermenter le glucose sans toucher au glucoside.

(2) Cet éthylglucoside α avait comme pouvoir rotatoire : $\alpha_D = +149°,3$.

suture de beaucoup d'Ammonites à ce que l'animal aurait vécu couché sur le côté. La glande, peut-être le foie, dont les ramifications ont vraisemblablement produit les indentations de la ligne de suture, se serait déformée en raison de cette vie *en position pleurothétique* dont la répercussion sur la morphologie des Mollusques a été si complètement mise en évidence par Henri Douvillé, puis par Anthony.

D'autre part, les explorations du prince de Monaco et les beaux travaux de L. Joubin ont apporté des données toutes nouvelles relativement aux grands Céphalopodes bathypélagiques. Ces animaux peuvent être de très grande taille, puissamment armés et musclés. Il est très possible que certains types d'Ammonites, manifestement trop lourds pour avoir mené une vie pélagique, aient comme eux vécu entre deux eaux. Ce fait expliquerait particulièrement bien la grande répartition géographique de certains genres appartenant à cette classe de Céphalopodes.

En tout cas, il semble que, dans la nature actuelle, il y ait au moins autant de types de Céphalopodes nageurs, adaptés à la vie nectique que vivant sur le fond, ou benthoniques.

C'est sans doute ce qui a conduit Fr. Frech, de Breslau, à considérer (1) les types d'Ammonites à région ventrale tranchante comme ayant été essentiellement de forts nageurs, peut-être comparables aux grands Céphalopodes bathypélagiques décrits par L. Joubin.

Ultérieurement Henri Douvillé a attribué (2) au même mode de vie nectique la dilatation de la partie ventrale de la cloison chez les Ammonites crétacées tranchantes. La formation des lobules adventifs de la selle paire la plus externe (s_1) serait donc en relation avec ce mode de vie.

Louis Dollo (3) a également mis en évidence l'empreinte imprimée à l'organisation de certains Céphalopodes vivant par le mode de vie benthique ou nectique.

Il semble que l'on puisse trouver un nouvel exemple de cette relation intime existant entre la morphologie de ces êtres si plastiques et leur mode de vie dans l'évolution de la famille des *Cosmocératidés*.

L'origine de cette famille d'Ammonites est vraisemblablement à cher-

---

(1) FRITZ FRECH, *Geologische Triebkräfte und die Entwicklung des Lebens* (*Archiv f. Rassen = u. Gesellschafts Biologie*, 1909, p. 146).

(2) HENRI DOUVILLÉ, *Évolution et classification des Pulchelliidés* (*B. S. G. Fr.*, 4e série, t. XI, 1911, p. 320).

(3) LOUIS DOLLO, *Les Céphalopodes adaptés à la vie nectique secondaire et à la vie benthique tertiaire* (*Spengelfestchrift*, 1912).

cher dans le groupe de l'*Amm. Taylori* du Lias, mais son histoire, du Lias au Bathonien supérieur, est encore obscure. Par contre, ses représentants dans les étages callovien et oxfordien commencent à être bien connus. C'est d'eux dont nous allons nous occuper maintenant.

1. *Cosmoceras Jason* est une espèce d'Ammonite très fréquente dans le Callovien supérieur (zone à *Stepheoceras coronatum*). Elle est parfaitement caractérisée : 1° par sa forme et son ornementation : ombilic généralement étroit, bien que pouvant varier dans certaines limites, région ventrale amincie sans être tranchante, forme générale aplatie; ornementation très spéciale à tous les stades; 2° par le dessin de sa ligne suturale qui est comme distendue dans le sens latéral, tous les éléments s'étant en quelque sorte *ouverts*, les selles vers le bas, les lobes vers le haut.

2. Il existe, dans les couches immédiatement supérieures (à *Peltoceras athleta*), une espèce d'Ammonite extrêmement voisine comme ornementation de la précédente, c'est le *Cosmoceras* (non *Strenoceras*) *Bigoti* (1) Bizet, espèce connue de Dives et du Mesle-sur-Sarthe. Cette forme rappelle à s'y méprendre les variétés les plus épaisses et les plus déroulées des *Cosm. Jason* des couches sous-jacentes, mais le tour est à section plus arrondie et l'ensemble de la coquille plus massif.

La cloison de *Cosm. Bigoti* est complètement différente de celle des *Cosm. Jason* typiques. Elle est comprimée dans le sens latéral, les éléments en sont étroits et profonds.

3. Tous les *Cosmoceras* qui accompagnaient, à Dives, *Cosm. Bigoti* et qui peuvent être considérés comme ses variétés, ont une cloison comprimée latéralement, du même type.

Il est impossible de nier l'analogie complète de forme et d'ornementation existant entre *Cosm. Jason* et *Cosm. Bigoti*. Le second est manifestement un descendant du premier.

Mais la différence qui existe entre les lignes suturales des deux types est beaucoup trop grande pour pouvoir résulter d'une orthogenèse normale.

Cette différence ne peut, selon nous, s'expliquer que par l'intervention d'un facteur éthologique : le changement radical du mode de vie qui de nectique devient benthique.

---

(1) Espèce dont le type nous a été aimablement communiqué par M. le professeur Bigot, de Caen.

1. *Cosm. Jason*, forme comprimée, à tour élevé, est une forme adaptée à la vie nectique. La forme particulière de sa cloison ne se rencontre chez aucun autre représentant du groupe, même chez les formes à région ventrale très développée, mais arrondie, comme les *Kepplerites*. Cependant, *Cosm. Jason* ne représente qu'un stade d'évolution du phylum général des *Cosmocératidés*. En aucun cas, il ne peut être considéré comme formant un phylum spécial. Cette forme spéciale de sa cloison est donc à rapprocher de celle que l'on observe chez certaines Ammonites de la Craie (voir *supra*, note n° 2) et doit être imputée au développement du foie ou d'une autre glande, développement en rapport avec la vie exceptionnellement active qui est celle des prédateurs nectiques.

2. *Cosm. Bigoti*, forme épaisse, lourde, à tours arrondis, est une forme adaptée à la vie benthique. Sa cloison est du type habituel chez les *Cosmocératidés*, généralement représentés par des formes massives qui devaient également être benthoniques.

Il est probable que *Cosm. Jason*, forme adaptée à la vie nectique, descend des *Kepplerites* du Callovien inférieur, formes lourdes adaptées à la vie benthique. *Cosm. Bigoti*, qui descend de *Cosm. Jason*, doit donc être considéré comme adapté à une *vie benthique secondaire*.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Valeur des éléments magnétiques à l'Observatoire du Val Joyeux au 1er janvier* 1913. Note de M. **Alfred Angot**.

Les observations magnétiques faites depuis 1901 à l'Observatoire du Val Joyeux (latitude 48°49′16″, longitude 0°19′23″ ouest de Paris) font suite à celles du Parc Saint-Maur. Elles ont été continuées en 1912 avec les mêmes appareils et ont été réduites par les mêmes méthodes que les années précédentes par M. J. Itié, sous la direction de M. Dufour.

Les valeurs des éléments magnétiques pour le 1er janvier 1913, données ci-dessous, résultent de la moyenne des observations horaires relevées sur les magnétographes le 31 décembre 1912 et le 1er janvier 1913 et rapportées à des mesures absolues. La variation séculaire des divers éléments est la différence entre ces valeurs et celles qui ont été indiquées pour le 1er janvier 1912 [1].

---

[1] *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 94.

Valeurs absolues et variations séculaires des éléments magnétiques à l'Observatoire du Val Joyeux.

	Valeurs absolues pour l'époque 1913,0.	Variation séculaire.
Déclinaison	14° 4',26	— 9',17
Inclinaison	64°39', 5	— 1', 6
Composante horizontale	0,19746	+ 0,00007
Composante verticale	0,41696	— 0,00035
Composante nord	0,19154	+ 0,00020
Composante ouest	0,04801	— 0,00049
Force totale	0,46135	— 0,00029

La série des observations régulières comprend actuellement une période de 30 années et jamais jusqu'ici on n'avait observé, pour la déclinaison, de variation aussi rapide qu'en 1912. Par contre, la composante horizontale a, depuis 3 ans, cessé d'augmenter d'une manière notable. J'ai déjà fait observer que la période de baisse avait nettement commencé, pour cet élément, depuis plusieurs années, dans les stations qui sont à l'est du méridien de Paris.

M. **Darget** adresse une réclamation de priorité concernant la Note de M. *de Fontenay*, présentée à l'Académie par M. d'Arsonval, le 30 décembre 1912.

(Commissaires : MM. Dastre et Bouty.)

La séance est levée à 4 heures et quart.

G. D.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 JANVIER 1913.

PRÉSIDENCE DE M. F. GUYON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MINÉRALOGIE. — *Sur la constitution minéralogique et chimique des laves des volcans du centre de Madagascar.* Note de M. **A. Lacroix**.

Dans deux Notes antérieures (¹) j'ai exposé le résultat de mes observations sur la constitution des massifs volcaniques principaux du centre de Madagascar, l'Ankaratra et l'Itasy, puis indiqué sommairement la nature de leurs produits et leur chronologie relative.

Il me reste à préciser la composition de ces laves et à discuter les indications qu'elles fournissent sur les relations de ces deux centres volcaniques voisins. Une fois l'étude minéralogique de ces laves effectuée, j'ai choisi l'échantillon le plus représentatif de chaque type, dont l'analyse a été effectuée par M. Boiteau.

Ankaratra.

Les éruptions ont débuté par un véritable déluge de laves basaltiques ayant couvert tout l'espace que devait occuper le massif. A cette période du plus grand Ankaratra ont succédé des éruptions localisées, qui ont fourni quelques coulées et beaucoup de dômes de laves leucocrates (*trachytes*, *phonolites*, *rhyolite*), puis des épanchements de laves à facies basaltique, de *néphélinites à olivine* d'abord, puis de basaltes feldspathiques.

Je donne ci-après, en deux séries, les analyses de ces diverses roches

---

(¹) *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 313 et 476.

ordonnées par groupes chimico-minéralogiques et, dans chacun de ceux-ci, par ordre décroissant de silice.

Série leucocrate. — A[1] rhyolite d'Ampisarakisoa; A[2] trachyte à biotite et sanidine des bords du Sahatsio, au nord d'Antsirabé; A[3] trachyte à biotite d'Ambohivorona; A[4] trachyte à hornblende du ravin entre le Tsiafakafo et le Tsiafakafokely; A[5] trachyte à ægyrine de Marovitsika; A[6] trachyte phonolitique passant à phonolite d'Iliazadramosa; A[7] phonolite du Tsiafakafokely; A[8] trachyte phonolitique de Bongatsana.

	A[1].	A[2].	A[3].	A[4].	A[5].	A[6].	A[7].	A[8].
SiO^2..........	71,45	68,34	63,08	58,39	68,28	60,95	60,81	59,49
Al^2O^3.........	12,97	16,91	19,22	18,11	17,08	19,50	18,73	17,17
Fe^2O^3.........	1,98	1,89	1,99	2,55	1,58	1,85	2,60	2,27
FeO..........	0,53	0,25	0,73	2,65	1,03	1,19	2,37	3,33
MgO.........	0,44	0,44	0,36	1,11	0,14	0,15	0,42	1,12
CaO..........	1,51	1,71	2,09	3,90	0,26	1,88	1,52	2,62
Na^2O.........	3,81	4,65	5,76	6,24	5,68	7,17	7,76	6,48
K^2O..........	3,53	5,01	4,26	3,74	4,62	5,20	4,69	5,26
TiO^2..........	0,47	0,56	0,94	1,18	0,23	0,42	0,15	0,59
P^2O^5.........	0,29	0,17	0,42	0,30	0,10	0,08	0,11	0,38
H^2O à 110°....	1,74	0,06	0,64	0,57	0,41	0,16	0,16	0,37
H^2O au rouge..	0,89	»	0,58	0,94	0,12	1,07	0,31	0,57
	99,61	99,99	100,07	99,68	100,13	99,80 (¹)	99,63	99,65
	I.4.2.3. Toscanose.		I.5.2.4. Lauriskose.	II.5.2.4. Akérose.	I.4.1.4. Kallerudose.	I.5.1.4. Nordmarkose.		II.5.1.4. Umptekose.

La caractéristique de ces roches de couleur claire, dont la teneur en silice oscille entre 71 pour 100 et 58 pour 100, consiste dans leur nature dosodique; le rapport moléculaire $\frac{K^2O}{Na^2O}$ ne varie qu'entre 0,39 (A[4]) et 0,53 (A[5] et A[8]), avec seulement deux exceptions sodipotassiques, s'éloignant peu du groupe précédent et dans lesquelles le rapport est 0,61 [la limite des deux subrangs est 0,60 (A[1]) et 0,72 (A[2])]. Cette dernière roche est la seule dans laquelle la potassse est pondéralement un peu supérieure à la soude.

Parmi ces roches leucocrates, il faut distinguer deux groupes : l'un comprend la rhyolite à hornblende A[1], les trachytes à biotite (A[2] et A[3]) ou à hornblende (A[4]), dont quelques-uns (A[2]) sont en outre riches en gros

(¹) Y compris Cl 0,15; SO^3 0,03.

phénocristaux de sanidine comparables à ceux des trachytes du Mont-Dore; certaines de ces roches sont assez quartzifères.

Le second groupe renferme des roches très pauvres en chaux (A^5), ressemblant à des aplites à grain fin; riches en anorthose, elles renferment du quartz, de la riebeckite et de l'ægyrine. Plus fréquentes sont les roches à délit phonolitique; ce sont des trachytes sans feldspathoïdes (A^8), des trachytes phonolitiques pauvres en néphéline (A^6) ou de véritable phonolites (A^7); toutes renferment des microlites de pyroxène, qui, suivant la teneur en chaux de la roche, est de l'augite ægyrinique (A^7) ou de l'augite verte (A^8).

Série basaltique. — B^1, basalte à grain fin de Taniankatsaka; B^2, labradorite d'Ambohibaho; B^3, labradorite d'Ambodinapahitra; B^4, basalte doléritique du pied d'Inanobé; B^5 scorie basaltique du Tritriva (analyse de MM. Duparc, Wunder et Sabot); B^6 basalte de Soanindravina; B^7 basalte des bords de la Katsaoka; B^8 basalte à gros phénocristaux de plagioclase du ravin entre le Tsiafakafo et le Tsiafakafokely; B^9 téphrite entre le Tsiafakafo et le Tsiafajavona; B^{10} néphélinite à mélilite du Laona; B^{11} néphélinite du sommet du Tsiafajavona.

	B^1.	B^2.	B^3.	B^4.	B^5.	B^6.	B^7.	B^8.	B^9.	B^{10}.	B^{11}.
SiO^2..........	51,38	48,76	46,62	46,38	49,02	47,22	43,39	43,09	42,61	39,02	38,74
Al^2O^3.........	16,07	19,57	19,02	16,49	14,75	15,21	13,86	16,46	12,08	11,05	11,30
Fe^2O^3.........	3,93	4,23	5,36	3,29	3,28	3,99	2,71	4,59	4,12	3,52	4,28
FeO..........	6,19	4,69	5,12	8,83	6,81	6,55	9,54	6,18	7,73 (1)	6,65	7,71
MgO..........	4,98	3,06	3,66	5,39	8,52	7,37	9,82	8,34	10,60	14,33	11,97
CaO..........	6,34	7,70	8,68	8,97	9,61	8,49	11,98	12,87	13,36	15,30	14,43
Na^2O.........	4,60	3,95	3,78	2,81	3,06	3,29	2,23	1,36	2,78	2,24	3,02
K^2O..........	2,20	2,69	2,08	2,01	1,56	2,18	1,14	0,82	1,98	1,38	1,92
TiO^2	2,83	2,36	2,70	3,77	2,35	2,60	3,42	3,31	3,64	3,31	3,30
P^2O^5	0,78	0,15	0,22	0,75	0,60	0,41	0,58	0,39	0,73	1,23	1,77
H^2O à 110°....	0,22	0,78	0,85	0,33	0,32	0,56	0,20	1,04	0,17	0,36	0,60
H^2O au rouge..	0,69	1,75	1,55	0,80		1,88	1,55	1,47	0,54	1,75	1,28
	100,21	99,69	99,64	99,82	101,68	99,75	100,16	99,92	100,34	100,14	100,32
	II.5.3.4 Andose.				III.5.3.4 Camptonose.		III.5.4 (4-5) Auvergnose.		III.6.3.4 Limburgose.	IV.2(3).1(2).2 Uvaldose.	

Cette série s'étend, au point de vue minéralogique, de labradorites et de

(1) Y compris 0,25 de MnO.

basaltes très feldspathiques à des néphélinites à olivine très mélanocrates, renfermant parfois de la mélilite et de la perowskite. Quand on l'ordonne, comme je l'ai fait plus haut, par ordre décroissant de silice, elle se montre continue, à deux exceptions près; celle qui concerne B^5, c'est-à-dire la scorie du Tritriva, est probablement accidentelle et due aux nombreuses enclaves de quartz, qui se distinguent même à l'œil nu. Quant à B^8, c'est une roche spécialement riche en plagioclases; à ce point de vue, elle contraste avec le type le plus voisin (B^7), ne renfermant que quelques microlites de feldspath. Ces différences minéralogiques sont la conséquence de la teneur plus grande en alumine et en chaux, moindre en alcalis de la première de ces roches.

Les néphélinites à olivine constituent l'aboutissant le plus basique, le plus mélanocrate, d'une série de basaltes feldspathiques à caractère alcalin très net, mais ne renfermant pas de néphéline à cause de leur teneur trop élevée en silice; la téphrite (B^9) est à tous égards un terme de transition. Le basalte (B^8), franchement subalcalin, tranche au milieu de cette série.

Le rôle joué par ces néphélinites aidera à comprendre l'existence de ce type pétrographique dans divers points de l'île [extrême Sud; côte Est (Mahanoro, environs de Vatomandry), etc.], dans lesquels la majorité des roches éruptives est subalcaline.

La considération de l'autre extrémité, la moins basique, B^1 à B^4 de la série, fait voir que les grandes différences minéralogiques et structurelles qu'on y observe (labradorites sans olivine et basaltes; toutes les structures entre les types très peu cristallins et des roches ophitiques comparables à des diabases) sont beaucoup plus sous la dépendance des conditions physiques dans lesquelles s'est effectuée la consolidation du magma que sous celle de différences systématiques de composition chimique.

En résumé, la caractéristique des laves du massif de l'Ankaratra est de constituer une série pétrographique alcaline à caractère essentiellement dosodique, série qui, au point de vue minéralogique, ne renferme de types à néphéline qu'au voisinage de son extrémité la plus acide, ainsi que dans ses termes les plus basiques. Ces roches à feldspathoïdes encadrent non seulement des types alcalins, sans néphéline, mais aussi quelques types subalcalins.

On voit, en outre, qu'il est légitime de considérer, comme je l'ai fait, le petit massif du Vontovorona, isolé du massif principal de l'Ankaratra, comme une dépendance de celui-ci; les roches qui en proviennent, trachytiques (A^6) ou basaltiques (B^1 et B^6), s'intercalent, en effet, au point de

vue chimique, dans les roches de l'Ankaratra proprement dit et correspondent, en outre strictement, à des types représentés dans celui-ci.

Itasy.

Les types observés sont les suivants :

Série leucocrate. — C^1 phonolite du Kitia; C^2 trachyte de l'Andranonatoa (type dominant).

Série basaltique. — C^3 andésite à haüyne du Kasige; C^4 labradorite très feldspathique d'Antsahondra; C^5 limburgite d'Andranonatoa. Basaltes limburgitiques : C^6 de l'ouest d'Ankidona; C^7 N. du Mazy; C^8 d'Ambohimahala.

	C^1.	C^2.	C^3.	C^4.	C^5.	C^6.	C^7.	C^8.
SiO^2	60,30	56,90	47,34	43,40	41,12	42,12	40,92	41,00
Al^2O^3	20,62	19,24	16,28	15,29	11,65	12,24	11,85	10,41
Fe^2O^3	1,53	3,57	5,82	6,65	7,29	5,71	5,72	11,42
FeO	0,51	0,78	4,89 (FeO + MnO)	7,11 (FeO + MnO)	7,16 (FeO + MnO)	7,83 (FeO + MnO)	8,89 (FeO + MnO)	7,44 (FeO + MnO + MgO)
MnO	0,20	0,20						
MgO	0,19	0,84	3,51	4,95	7,78	0,15	0,25	
CaO	1,49	4,71	9,50	11,23	12,07	8,43	8,12	8,07
Na^2O	8,06	5,98	4,89	3,74	2,56	11,97	12,23	11,66
K^2O	5,64	4,99	3,34	2,78	2,14	2,59	2,18	2,86
TiO^2	0,25	1,40	2,83	3,90	6,38	2,56	2,18	2.57
P^2O^5	0,08	0,25	1,01	1,14	0,92	4,95	5,43	3,76
H^2O à 110°	0,12	0,15	0,12	0,09 (H^2O à 110° + au rouge)	0,38	0,80	0,98	0,20
H^2O au rouge	0,31	0,57	0,20		0,70	0,25 0,51	0,20 0,75	0,41
Cl	0,31	»	»	»	»	»	»	»
SO^3	0,18	»	0,43	»	»	»	«	»
	99,79	99,58	100,20	99,78	100,18	100,11	99,70	99,80
	I.5.1.4 Nordmarkose.	II.5.2.4 Akérose.	II.6.2.4 Essexose.	III.6.3.4 Limburgose.		III.6.3.3 Ourose.		IV.2(1).1(2). Yamaskose.

Dans leurs caractéristiques générales, toutes ces roches présentent une grande analogie avec celles de l'Ankaratra, sans qu'il soit possible toutefois d'identifier leur ensemble. Elles sont aussi dosodiques, mais en général le rapport $\frac{K^2}{Na^2O}$ est un peu plus élevé. Il existe aussi des types sodipotassiques $\left[\frac{K^2}{Na^2O}\ 0{,}61\ (C^8)\ \text{à}\ 0{,}67\ (C^6)\right]$ mais ceux-ci, au lieu de constituer, comme dans l'Ankaratra, des roches leucocrates, sont localisés à l'extrémité la plus basique de la série.

En définitive, tout en renfermant une quantité analogue de soude, les roches de l'Itasy sont en général plus potassiques que celles de l'Ankaratra. Sous cette réserve, la phonolite du Kitia est comparable à celles du Tsiafakafokely; le trachyte à augite de l'Andranonatoa au trachyte à hornblende du Tsiafakafokely. Il existe de même une grande analogie chimique entre la téphrite du Tsiafakafo et les deux limburgoses (C^4 et C^5) de l'Itasy, qui ont cependant une composition minéralogique différente. On peut relever entre ces deux dernières roches des différences minéralogiques et chimiques de l'ordre de celles indiquées plus haut entre B^8 et B^7.

Mais en outre de ces analogies, le massif de l'Itasy présente des types pétrographiques spéciaux, l'andésite à haüyne du Kasige et de quelques autres gisements, les limburgistes passent à des basaltes (C^6 et C^8), dans lesquels la teneur en silice est suffisamment basse et celle en potasse assez élevée pour permettre l'apparition d'un peu de leucite, tandis que la néphéline reste caractésistique des roches les plus basiques de l'Ankaratra.

En résumé, les matériaux qui ont alimenté ces deux centres volcaniques sont analogues, mais non pas identiques. Ils ont été fournis par des magmas parents, mais non par le même magma et s'ils ont évolué dans le même sens : roches basaltiques feldspathiques au début, roches trachytiques et phonolitiques, puis roches basiques alcalines, l'évolution a été poussée plus loin dans le massif de l'Ankaratra, où des laves basaltiques feldspathiques ont fait une réapparition avant l'extinction définitive de l'activité éruptive.

Cette constatation fournit une réponse à une question que j'avais posée dans une de mes Notes précédentes.

En présence de l'égale fraîcheur des cônes à cratère et des cheires de laves noires de l'Itasy et du sud de l'Ankaratra (environs d'Antsirabé et de Betafo), je m'étais demandé s'il ne fallait pas identifier ces volcans, aussi bien au point de vue de leur composition que de leur âge très récent.

On vient de voir qu'il n'en est rien. Ces volcans ont été indépendants les uns des autres, puisque dans l'Itasy les laves qu'ils ont émises sont les types les plus spécialisés (andésites à haüyne, limburgites à tendance leucitique avec un seul exemple de trachyte), alors que dans le sud de l'Ankaratra on trouve uniquement des basaltes feldspathiques de type banal.

De même, il n'est pas possible de rattacher directement au massif de l'Itasy les quelques volcans clairsemés plus au Nord dans le Valalafotsy, aux environs de Fénérive; leurs laves sont des néphélinites à olivine, comparables à celles de l'Ankaratra.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur la stabilité adiabatique de l'équilibre.* Note de M. **Pierre Duhem.**

Soient $\mathfrak{U}$ l'énergie interne d'un système normalement défini, $\mathfrak{S}$ l'entropie du même système, Ω le potentiel des actions extérieures. Soit E_0 un état du système où les quantités considérées ont des valeurs $\mathfrak{U}_0$, $\mathfrak{S}_0$, Ω_0.

1° *Si* $\mathfrak{S}_0$ *est un maximum parmi les valeurs que prend l'entropie des divers états où la somme* $(\mathfrak{U}+\Omega)$ *est égale à* $(\mathfrak{U}_0+\Omega_0)$, *pour le système enfermé dans une enceinte imperméable à la chaleur, l'état* E_0 *est un état d'équilibre stable;*

2° *Si* $(\mathfrak{U}_0+\Omega_0)$ *est un minimum parmi les valeurs que prend la somme* $(\mathfrak{U}+\Omega)$ *relative aux divers états où l'entropie* $\mathfrak{S}$ *a la valeur* $\mathfrak{S}_0$, *pour le système enfermé dans une enceinte imperméable à la chaleur, l'état* E_0 *est un état d'équilibre stable.*

A quelques variantes près, ces deux théorèmes ont été énoncés par Gibbs au début de son Mémoire *On the equilibrium of heterogeneous substances;* mais les brèves considérations dont il les accompagne sont fort loin de constituer une véritable démonstration. On en peut dire autant de ce que G. Robin, en sa *Thermodynamique générale* (p. 145) a écrit au sujet du premier de ces théorèmes.

Ce premier théorème, nous l'avons démontré dans notre *Traité d'Énergétique* (t. II, p. 315-323), mais en le restreignant aux systèmes dénués d'inertie; récemment, M. É. Jouguet a prouvé (¹) que cette restriction était inutile et pouvait être supprimée.

L'ingénieuse démonstration de M. Jouguet considère un système formé d'un nombre limité de parties dont chacune est portée à une température uniforme. Pour l'étendre à un système sur lequel la température affecte une distribution continue, il faut lui faire subir une modification assez profonde; c'est cette modification que nous voudrions indiquer ici.

Nous userons de trois lemmes :

Premier lemme. — *Si* $\mathfrak{S}$ *est au plus égal à* $\mathfrak{S}_0$ *en tout état* ε *où*

$$\mathfrak{U}+\Omega=\mathfrak{U}_0+\Omega_0,$$

(¹) É. Jouguet, *Sur la stabilité de l'équilibre d'un système enfermé dans une enceinte imperméable à la chaleur* (*Comptes rendus*, t. 155, décembre 1912, p. 1493).

$\mathfrak{S}$ *est assurément inférieur à* $\mathfrak{S}_0$ *en tout état* E *où* $(\mathfrak{U} + \Omega)$ *est inférieur à* $(\mathfrak{U}_0 + \Omega_0)$.

Prenons, en effet, un tel état E ; sans changer l'état abstraction faite des températures, faisons, en tout point, croître la température $\mathfrak{S}$ d'une même quantité τ donnée par l'égalité

$$\int\int_{\mathfrak{S}}^{\mathfrak{S}+\tau} \gamma\, d\mathfrak{S}\, dm = \mathfrak{U}_0 + \Omega_0 - \mathfrak{U} - \Omega,$$

où dm est une masse élémentaire du système et γ la chaleur spécifique normale de cette masse. γ étant positif, en vertu du postulat de Helmholtz, τ est assurément positif.

Soit E′ le nouvel état ; en cet état, le potentiel externe a gardé même valeur Ω qu'en l'état E, tandis que l'énergie interne est devenue

$$\mathfrak{U}' = \mathfrak{U} + \int\int_{\mathfrak{S}}^{\mathfrak{S}+\tau} \gamma\, d\mathfrak{S}\, dm,$$

en sorte que l'on a $\mathfrak{U}' + \Omega = \mathfrak{U}_0 + \Omega_0$ et que l'état E′ est un état ε. On doit donc avoir $\mathfrak{S}' \leqq \mathfrak{S}_0$. Mais, d'autre part,

$$\mathfrak{S}' = \mathfrak{S} + \int\int_{\mathfrak{S}}^{\mathfrak{S}+\tau} \frac{\gamma}{F(\mathfrak{S})} d\mathfrak{S}\, dm,$$

où $F(\mathfrak{S})$ est la température absolue. On a donc sûrement $\mathfrak{S} < \mathfrak{S}_0$.

C. Q. F. D.

Second lemme. — *Si* $(\mathfrak{U} + \Omega)$ *est au moins égal à* $(\mathfrak{U}_0 + \Omega_0)$ *en tout état où* $\mathfrak{S} = \mathfrak{S}_0$, $(\mathfrak{U} + \Omega)$ *surpasse certainement* $(\mathfrak{U}_0 + \Omega_0)$ *en tout état où* $\mathfrak{S}$ *surpasse* $\mathfrak{S}_0$.

La démonstration de ce lemme est toute semblable à celle du précédent.

Troisième lemme. — *Si* $\mathfrak{S}$ *est inférieur à* $\mathfrak{S}_0$ *pour tout état* ε *où*

$$\mathfrak{U} + \Omega = \mathfrak{U}_0 + \Omega_0,$$

$(\mathfrak{U}' + \Omega')$ *est supérieur à* $(\mathfrak{U}_0 + \Omega_0)$ *pour tout état* ε' *où* $\mathfrak{S}' = \mathfrak{S}_0$.

Prenons, en effet, un état ε' et, sans rien changer à l'état, abstraction faite des températures, faisons, en tout point, croître la température $\mathfrak{S}$

d'une même quantité τ donnée par l'égalité

$$(1) \qquad \int\int_{\mathfrak{S}}^{\mathfrak{S}+\tau} \gamma\, d\mathfrak{S}\, dm = \mathfrak{U}_0 + \Omega_0 - \mathfrak{U}' - \Omega'.$$

Soit ε'' le nouvel état. Nous aurons $\Omega'' = \Omega'$ et

$$\mathfrak{U}'' = \mathfrak{U}' + \int\int_{\mathfrak{S}}^{\mathfrak{S}+\tau} \gamma\, d\mathfrak{S}\, dm,$$

en sorte que l'égalité (1) nous donnera $\mathfrak{U}'' + \Omega'' = \mathfrak{U}_0 + \Omega_0$; l'état ε'' sera un état ε; $\mathfrak{S}''$ sera inférieur à $\mathfrak{S}_0$; mais, d'autre part, $\mathfrak{S}' = \mathfrak{S}_0$, et

$$\mathfrak{S}'' = \mathfrak{S}' + \int\int_{\mathfrak{S}}^{\mathfrak{S}+\tau} \frac{\gamma}{F(\mathfrak{S})}\, d\mathfrak{S}\, dm.$$

On a donc

$$\int\int_{\mathfrak{S}}^{\mathfrak{S}+\tau} \frac{\gamma}{F(\mathfrak{S})}\, d\mathfrak{S}\, dm < 0.$$

Cette inégalité exige que τ soit négatif. L'égalité (1) donne alors

$$\mathfrak{U}' + \Omega' > \mathfrak{U}_0 + \Omega_0.$$

C. Q. F. D.

Réciproquement : *Si* $(\mathfrak{U}' + \Omega')$ *est supérieur à* $(\mathfrak{U}_0 + \Omega_0)$ *pour tout état* ε' *où* $\mathfrak{S}' = \mathfrak{S}_0$, $\mathfrak{S}$ *est inférieur à* $\mathfrak{S}_0$ *pour tout état* ε *où* $\mathfrak{U} + \Omega = \mathfrak{U}_0 + \Omega_0$.

Cette réciproque se démontre par un raisonnement analogue à celui qui établit la proposition directe.

Soit maintenant un système, doué ou dénué d'inertie, dont $\mathfrak{T}$ est la force vive; sur ce système, la chaleur se propage exclusivement par conductibilité; il est enfermé dans une enceinte imperméable à la chaleur. *Si* $\mathfrak{S}_0$ *est un maximum parmi les valeurs que prend l'entropie des divers états où la somme* $(\mathfrak{U} + \Omega)$ *est égale à* $(\mathfrak{U}_0 + \Omega_0)$, *le système, placé sans vitesse initiale dans l'état* E_0, *y demeure en équilibre.*

Toute modification réelle, en effet, conduirait le système en un état voisin de l'état E_0, où l'on aurait

$$\mathfrak{U} + \Omega + \mathfrak{T} = \mathfrak{U}_0 + \Omega_0$$

et où, par conséquent, $(\mathfrak{U} + \Omega)$ serait au plus égal à $(\mathfrak{U}_0 + \Omega_0)$. Dès lors, d'après le premier lemme, l'entropie, en cet état, serait inférieure à $\mathfrak{S}_0$.

Mais cela est impossible, car, en aucune modification réelle d'un tel système, l'entropie ne peut décroître.

Pour démontrer la stabilité de cet équilibre, il suffira de reprendre la démonstration donnée dans notre *Traité d'Énergétique*, avec de très légères modifications dont ce qui précède indique suffisamment le sens.

Le premier théorème étant ainsi établi, on en déduira le second à l'aide du troisième lemme.

On pourrait aussi, à l'aide du second lemme, établir tout d'abord le second théorème; la réciproque du second lemme permettrait d'en déduire le premier théorème.

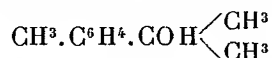
CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation des trois cymènes et des trois menthanes.* Note de MM. **Paul Sabatier** et **M. Murat**.

Dans un travail antérieur, publié avec la collaboration de M. Senderens, l'un de nous a indiqué que le *paracymène* (méthylisopropylbenzène), soumis à l'hydrogénation directe sur le nickel, est transformé en *paramenthane* (méthylisopropylcyclohexane), bouillant à 169°-170°, et que ce dernier hydrocarbure est fourni aussi par l'hydrogénation du *menthène* ou du *limonène* (¹).

Dans ce même travail, on avait attribué par erreur la même constitution au produit d'hydrogénation du *sylvestrène*, qui en réalité se rattache au groupe du *métacymène*.

Il nous a paru intéressant de reprendre l'hydrogénation du sylvestrène, et aussi de réaliser celle du paracymène, en partant d'un produit formé par une synthèse régulière et connue de nous. Ayant été de la sorte conduits à élargir le problème, nous avons cherché à préparer les trois menthanes ortho-, méta- et para-, à partir des trois cymènes ortho-, méta- et para-, préalablement obtenus.

Nous sommes arrivés aux trois cymènes en passant par les trois *diméthylcrésylcarbinols ortho*, *méta* et *para* :



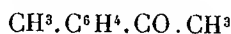
$$CH^3.C^6H^4.COH\langle{}^{CH^3}_{CH^3}$$

qui ont été préparés eux-mêmes par trois méthodes différentes :

(¹) Paul Sabatier et Senderens, *Comptes rendus*, t. 132, 1901, p. 1254.

1° Action de l'iodure de méthylmagnésium sur les *toluates d'éthyle* ortho, méta, para;

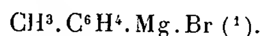
2° Action de l'iodure de méthylmagnésium sur la *crésylméthylcétone* ortho, méta ou para :



$$CH^3.C^6H^4.CO.CH^3$$

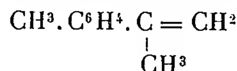
que fournit la catalyse par la thorine à 400° d'un mélange d'*acide acétique* et d'*acide toluique* ortho, méta ou para;

3° Action de la *propanone* $CH^3.CO.CH^3$ sur le *bromure de crésylmagnésium* ortho, méta ou para :



$$CH^3.C^6H^4.Mg.Br$$ [1].

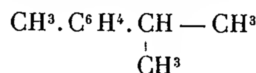
Les diméthylcrésylcarbinols ortho-méta-para ainsi obtenus sont décomposables par distillation sous la pression ordinaire. Leurs vapeurs, dirigées sur une colonne de thorine à 350°, sont totalement déshydratées avec production de *crésylpropènes-2 ortho*, *méta* ou *para :*



$$CH^3.C^6H^4.\underset{\displaystyle CH^3}{\underset{|}{C}} = CH^2$$

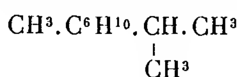
carbures éthyléniques, distillables sans décomposition sous la pression ordinaire.

Les vapeurs de ces derniers, hydrogénées à 200°-220° sur un nickel peu actif, reconnu incapable d'hydrogéner le noyau aromatique, sont totalement transformées en *cymènes ortho*, *méta* ou *para :*



$$CH^3.C^6H^4.\underset{\displaystyle CH^3}{\underset{|}{CH}} - CH^3$$

Les vapeurs de ces trois cymènes, soumises à l'hydrogénation à 170°-180° sur un nickel actif, sont changées en *menthanes ortho, méta, para :*



$$CH^3.C^6H^{10}.\underset{\displaystyle CH^3}{\underset{|}{CH}}.CH^3$$

Le produit de l'hydrogénation est traité à froid par le mélange sulfonitrique, qui n'attaque pas les menthanes, et dissout les petites doses de cymènes non transformés. Pour enlever à l'hydrocarbure les petites pro-

(1) Il convient de remarquer que la préparation de cet organo-magnésien conduit toujours à la formation de doses assez importantes de *dicrésyles* $CH^3.C^6H^4.C^6H^4.CH^3$, faciles à séparer.

portions de produits nitrés qu'il peut renfermer, on fait passer ses vapeurs avec de l'hydrogène sur du nickel à 200°; on lave avec un acide dilué qui fixe l'amine, on sèche et on rectifie.

Indiquons les résultats obtenus dans les trois séries.

Série ortho. — L'*orthocrésylpropène*-2 est un liquide bouillant à 175° (corr.). A 15°, on a : $d_0^{15} = 0,9181$; $n_D = 1,521$; le pouvoir réfringent qu'on en déduit est 43,9 (calculé 44,4). M. Tiffeneau, qui a isolé ce carbure, a indiqué un point d'ébullition moins élevé, 168°-169° (1).

L'*orthocymène* est un liquide d'odeur légèrement musquée qui bout à 175° (corr.).

On a trouvé $d_0^0 = 0,8902$. A 22°, on a

$$d_0^{22} = 0,8740 \quad \text{et} \quad n_D = 1,501.$$

On en déduit comme pouvoir réfringent 45,1 (calculé 44,8).

Ces caractères diffèrent beaucoup de ceux qu'avait décrits Sprinkmeyer, avec un point d'ébullition de 157° (2).

L'*orthomenthane* bout à 171° (corr.).

On a $d_0^0 = 0,8326$. A 21°, on a trouvé : $d_0^{21} = 0,8135$ et $n_D = 1,447$. Le pouvoir réfringent déduit est 45,96 (calculé 46,03).

Ainsi obtenu par synthèse à partir de produits aromatiques inactifs, l'orthomenthane est un racémique, inactif sur la lumière polarisée. MM. Kay et Perkin junior, qui avaient obtenu cet hydrocarbure par une autre voie à partir de l'*acide hexahydroorthotoluique*, avaient indiqué le même point d'ébullition (3).

Série méta. — Le *métacrésylpropène*-2 bout à 185°-186° (corr.). A 22°, on a : $d_0^{22} = 0,9035$ et $n_D = 1,530$; d'où $R_D = 44,9$ (calculé 44,4). M. Tiffeneau (*loc. cit.*) avait indiqué des caractères très voisins.

Le *métacymène* bout à 174°-175° (corr.). On a trouvé à 22° : $d_0^{22} = 0,8590$ et $n_D = 1,493$; d'où $R_D = 45,2$ (calculé 44,8). Ces valeurs s'écartent très peu de celles qui avaient été indiquées antérieurement par M. Tiffeneau (*loc. cit.*) et par Wallach (4).

(1) TIFFENEAU, *Ann. Chim. Phys.*, 8e série, t. X, 1907, p. 145.
(2) SPRINKMEYER, *Ber. chem. Ges.*, t. XXXIV, 1901, p. 1950.
(3) F.-W. KAY et W.-H. PERKIN, *J. chem. Soc.*, t. LXXXVII, 1905, p. 1066.
(4) WALLACH, *Ann. Chem. Pharm.*, t. 275, p. 158.

Le *métamenthane* synthétique, inactif racémique, bout à 166°-167° (corr.). Nous avons obtenu à 24° : $d_0^{24} = 0,7965$ et $n_D = 1,440$; d'où $R_D = 46,2$ (calculé 46,0).

Knœvenagel qui l'avait obtenu en hydrogénant par le zinc et l'acide acétique l'éther iodhydrique du métamenthol, lui avait assigné comme point d'ébullition 167°-168° (1).

Un *métamenthane dextrogyre* est obtenu en hydrogénant à 200° sur un nickel actif le sylvestrène naturel dextrogyre.

Le *sylvestrène*, qui nous avait été fourni par la maison Schimmel, bouillait à 176°-178°, et il donnait à 21° : $d_0^{21} = 0,8625$ et $n_D = 1,477$, avec un pouvoir rotatoire spécifique à 21°, $[\alpha]_D = +15°,6$, valeurs un peu différentes de celles qui avaient été définies par Atterberg (2).

Le *métamenthane* qu'il fournit est un liquide d'odeur agréable qui bout à 167°-168° : $d_0^0 = 0,8235$. A 23°, on a : $d_0^{23} = 0,8116$ et $n_D = 1,446$; d'où $R_D = 45,9$ (calculé 46,0).

Il est dextrogyre, avec un pouvoir rotatoire spécifique à 23° : $[\alpha]_D = +1°,60$.

Série para. — Le *paracrésylpropène*-2 bout à 186° (corr.). Nous avons trouvé : $d_0^0 = 0,9121$ et, à 16°, $d_0^{16} = 0,9074$ avec $n_D = 1,528$; d'où $R_D = 44,8$ (calculé 44,4). M. Tiffeneau (*loc. cit.*) avait indiqué des caractères identiques.

Le *paracymène* bout à 175°,5 : $d_0^{25} = 0,852$, propriétés semblables à celles du produit obtenu antérieurement par diverses voies.

Le *paramenthane* bout à 167°-168° (corr.), valeur un peu inférieure à celle du carbure préparé autrefois par l'un de nous, et qui retenait sans doute un peu de produit nitré. Nous avons trouvé : $d_0^0 = 0,8134$ et, à 25°, $d_0^{25} = 0,8028$, avec $n_D = 1,440$; d'où $R_D = 45,9$ (calculé 46,0).

M. O. Lehmann, Correspondant récemment nommé dans la Section de Minéralogie, fait hommage à l'Académie, pour sa Bibliothèque, de la série des Mémoires qu'il a publiés, notamment sur les cristaux liquides.

---

(1) Knœvenagel, *Ann. Chem. Pharm.*, t. 297, 1897, p. 174.

(2) Atterberg, *Ber. chem. Ges.*, t. X, 1897, p. 1202.

MÉMOIRES LUS.

Sur l'identification du crâne supposé de Descartes par sa comparaison avec les portraits du philosophe, par M. **Paul Richer.**

L'Académie des Beaux-Arts a été récemment consultée par M. Darboux, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences pour savoir si l'on ne pourrait pas se servir des différents portraits de Descartes afin d'identifier le crâne qui se trouve actuellement au Muséum et dont l'authenticité, malgré les témoignages historiques, reste encore douteuse; j'ai eu l'honneur d'être chargé de cette recherche.

J'en ai soumis les résultats samedi dernier à mes confrères de l'Académie des Beaux-Arts; je viens les présenter aujourd'hui à l'Académie des Sciences.

Semblable tentative a déjà été faite il y a près d'un siècle. L'idée première en revient à Alexandre Lenoir qui, dans une lettre adressée à G. Cuvier en réponse à une demande de renseignements relatifs aux diverses exhumations des restes de Descartes, disait :

> Par la confrontation de cette tête (le crâne supposé de Descartes) on pourrait peut-être arriver à quelques éclaircissements; je veux dire que d'après les portraits de Descartes peints par Bourdon et Le Nain (Lenoir veut dire Franz Hals) que j'ai examinés, la face doit être courte, aplatie, carrée; les os de la pommette par conséquent un peu élevés et s'allongeant vers les temporaux. Ce serait une confrontation à faire.

Cuvier n'y manqua pas et répondit à Lenoir :

> Dans la comparaison que j'ai faite de la tête du Muséum avec le portrait de Descartes, les os du nez et de la pommette, l'os frontal, les orbites et, en général, toutes les proportions de la face m'ont paru d'une ressemblance frappante.

Mais Delambre ne partageait pas l'opinion de Cuvier, car il écrivait :

> M. Cuvier croit que le crâne est celui de Descartes, parce qu'il trouve de grandes conformités avec l'estampe, et moi je crois voir le contraire.

La question était dès lors posée, mais elle n'était pas résolue.

En septembre dernier, l'authenticité du crâne de Descartes était à nou-

veau soulevée et M. Verneau, professeur d'anthropologie au Muséum, y consacrait récemment un long article qui n'avait pas encore paru lorsque M. Darboux vint nous demander de nous en occuper.

Dans son travail, M. Verneau ne manque pas de rechercher dans la comparaison avec les portraits du philosophe, des preuves de l'authenticité du crâne conservé au Muséum. M. Verneau semble même aller, à ce propos, jusqu'à la preuve ultime, puisqu'il dit :

J'ai photographié le crâne dans la position que Hals avait fait prendre à son modèle en le réduisant à l'échelle de l'épreuve dont j'avais fait l'acquisition au Louvre. J'ai ensuite superposé ces deux photographies et j'ai constaté une concordance très remarquable.

Mais M. Verneau s'en tient à cette affirmation, il n'indique point la méthode qu'il a suivie et il ne publie pas les intermédiaires du rapprochement, c'est-à-dire les photographies superposables. De sorte que, même après son travail, la question de l'identification du crâne par l'image reste encore ouverte.

Nous avons alors, pour répondre au désir de M. Darboux et de l'Académie des Beaux-Arts, poursuivi de notre côté cette identification par les procédés qui nous ont paru à la fois les plus précis et les plus faciles à contrôler.

Le plus véridique des portraits de Descartes est sans contredit celui peint par Franz Hals et que possède le Louvre. C'est donc sur lui que nous avons tout d'abord porté notre attention. D'autre part, ne pouvant pas avoir à notre disposition le crâne lui-même que garde le Muséum, je me suis servi d'un moulage que M. le professeur Verneau a bien voulu faire exécuter spécialement à notre intention, ce dont nous le remercions.

En considérant le crâne du Muséum, on constate à première vue un ensemble de caractères fort nets qui permettent de le rapprocher du portrait de Franz Hals. C'est d'abord le front fuyant, la saillie des arcades orbitaires assez éloignées en dehors de l'arcade sourcilière fort saillante également. La largeur de la face due à l'écartement des os jugaux, la saillie des os nasaux qui bien que brisés à leur extrémité indiquent un nez busqué. Enfin le peu de longueur de la distance naso-alvéolaire qui s'accorde avec une certaine brièveté de la lèvre supérieure.

C'est certainement sur l'ensemble de ces caractères que G. Cuvier avait fondé son opinion. Et c'est eux également que M. Verneau a relevés dans son récent article.

Mais il y avait lieu d'aller plus loin, de donner plus de précision à cette

sorte de confrontation en contrôlant et en complétant d'une façon méthodique la tentative de superposition déjà entreprise par M. Verneau.

Nous nous sommes servi de la très bonne photographie grand format que Braun a faite du portrait par Franz Hals et voici la méthode que nous avons suivie :

Elle comporte trois temps :

1° Tracer d'après la photographie du tableau de Franz Hals le dessin du squelette de la tête peinte par l'artiste;

2° Dessiner d'autre part le crâne supposé de Descartes dans la même orientation et à la même échelle que celui qui a été dessiné d'après la peinture;

3° Superposer les deux dessins.

La première opération est d'une rigueur plus grande qu'on pourrait le supposer tout d'abord et ne laisse guère place à l'imagination. En effet, une tête présente un certain nombre de points de repère osseux très précis qui sont particulièrement apparents sur la peinture du maître hollandais.

Sur ce premier dessin des points noirs très visibles ont été marqués à la racine des os du nez, aux apophyses orbitaires externes, à l'épine nasale et au point incisif. Ces mêmes points ont été répétés sur le moulage même du crâne du Muséum. A l'aide de ces marques, il a été facile de placer avec une précision pour ainsi dire mathématique le crâne du Muséum dans la position que Hals avait donnée à son modèle et de déterminer les dimensions exactes de l'image qu'il en fallait prendre pour rendre la comparaison logique et démonstrative.

Cette image a été dessinée à la chambre claire par M. Expert, architecte habitué à se servir de cet instrument, chez qui l'absence de connaissances anatomiques était un garant de sincérité.

La superposition des deux dessins, de celui fait d'après le tableau et de celui exécuté directement d'après le crâne du Muséum, a montré une concordance presque absolue.

D'autres dessins exécutés dans les mêmes conditions d'après plusieurs crânes pris au hasard ont, au contraire, montré de notables discordances avec le dessin du crâne du Franz Hals.

J'ai choisi le dessin à la chambre claire à cause des grandes facilités qu'il donne au sujet de l'orientation du crâne et de la proportion de l'image à dessiner. Mais, pour prévenir toute objection que pourrait faire naître l'intervention d'un dessinateur, j'ai exécuté également, après de grands tâtonnements, une photographie du crâne qui est exactement superposable au dessin à la chambre claire.

Je présente à l'Académie tous ces dessins et photographies afin qu'elle veuille bien les contrôler.

Maintenant, nous pouvons abandonner le dessin du crâne d'après la peinture de Franz Hals. Il n'a été pour nous qu'un intermédiaire et un moyen pour obtenir les deux pièces suivantes qui sont comme notre conclusion et que je soumets à l'appréciation de l'Académie :

1° Un dessin ombré du Descartes de Franz Hals, sur lequel l'image du crâne du Muséum est indiquée par un trait fort;

2° La photographie du crâne du Muséum sur laquelle se trouve dessiné au trait le décalque du portrait par Hals.

La même expérience a été répétée avec les autres portraits de Descartes : celui de Bourdon, qui est au Louvre; celui de Beck, dont une copie est à la bibliothèque de l'Institut; le médaillon en terre cuite du Musée de Versailles; un portrait ancien d'auteur inconnu appartenant à M. Rulh, de Courbevoie.

La comparaison du crâne de ces différents portraits avec celui du Muséum montre les ressemblances parfois très frappantes, mais jamais une concordance aussi complète que celle qui a été obtenue avec le portrait de Franz Hals.

En dehors de toute considération historique, la conclusion qui découle de ces recherches d'ordre purement plastique peut être formulée ainsi :

Le crâne conservé au Muséum offre une similitude aussi absolue que possible avec celui que révèle le portrait de Franz Hals. Sur les autres portraits, cette similitude, pour n'être pas aussi complète, n'en constitue pas moins un nouvel appoint en faveur de l'authenticité du crâne.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Jac. Berzelius. *Lettres* publiées, au nom de l'Académie royale des Sciences de Suède, par *H.-G. Söderbaum*. II : *Correspondance entre* Berzelius *et Sir* Humphry Davy (1808-1825).

2° Un Mémoire de M. Schlesinger sur les travaux de *Gauss*, relatifs à la théorie des fonctions. (Présenté par M. Émile Picard.)

3° *Les prix* Nobel *en* 1911.

4° *Recherches expérimentales sur le timbre des voyelles françaises*, par Jean Poirot.

5° P. Vinassa de Regny, A. Riccò, S. Arcidiacono, F. Stella Starrabba, L. Taffara, O. de Fiore. *L'eruzione Etnea del* 1910.

6° *Die Arbeiten des Königl. preussischen aeronautischen Observatoriums bei Lindenberg im Jahre* 1911. VII. Band, herausgegeben von Dr Richard Assmann.

M. A. **Agramonte** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur le champ magnétique général du Soleil.* Note de M. **Henri Chrétien**, présentée par M. Bassot.

Dans une Note présentée récemment à l'Académie [1], M. Deslandres montre comment l'étude des protubérances peut conduire à la connaissance précise du champ magnétique *général* du Soleil. Or, si, comme je l'ai fait en 1909, à la suite de la découverte, par M. Hale, de l'existence du phénomène de Zeeman dans les taches, on attribue ce champ général à l'entraînement des particules électrisées de la surface solaire *par la rotation même de l'astre*, on peut fixer *a priori* la forme du champ en tous les points de l'espace extérieur [2].

J'ai précisé cette forme dans le cas où l'électrisation est uniforme et où le Soleil tourne tout d'une pièce : le champ général extérieur est rigoureusement celui d'un aimant infiniment court, couché sur l'axe de rotation, au centre du Soleil. Mais ce n'est là qu'une première approximation, car on sait, depuis Carrington, que la vitesse angulaire de rotation du Soleil décroît de part et d'autre de l'équateur.

En prévision des résultats d'observation que M. Deslandres poursuit, je crois donc intéressant de rechercher la forme du champ produit par des charges dont la vitesse angulaire de rotation autour du Soleil dépend de la latitude. Dans sa Thèse, M. Salet a déjà examiné le champ sur l'axe; je me

---

(1) *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 1573.

(2) Henri Chrétien, *Bulletin de la Société astronomique de France*, 1909, p. 280-287 et 325-331.

propose d'établir ici les valeurs du champ en un point quelconque de l'espace, afin de le comparer au champ élémentaire.

Si l'on développe en série de fonctions sphériques le produit de la densité électrique en un point par la vitesse angulaire, produit qu'on peut appeler *densité angulaire de courant*, il est facile d'exprimer le potentiel magnétique en un point quelconque de l'espace à l'aide de ces mêmes fonctions. A cause de la symétrie de rotation, cette expression devient très simple dans le cas du Soleil. Supposons que la couche électrique moyenne soit uniforme, ce qui est légitime, à cause de la faible vitesse relative de rotation de la sphère, et soient :

R, le rayon du Soleil;
ξ, la vitesse angulaire de rotation;
U, le potentiel magnétique à la distance $r\,(>R)$ sous la latitude β;
Q, la charge électrique du Soleil;

on aura

$$U = Q\sum \frac{n-1}{2n-1}\left(\frac{\xi_{n-2}}{2n-3} - \frac{\xi_n}{2n+1}\right)\frac{R^n}{r^n}X_{n-1}(\sin\beta),$$

$X_n(\sin\beta)$ désignant, comme d'habitude, la fonction de Legendre de degré n en $\sin\beta$, et ξ_n étant le coefficient du $n^{\text{ième}}$ harmonique du développement de la vitesse angulaire. Les composantes radiale, H_r, et tangentielle, H_t, du champ s'en déduisent.

Conformément à la loi de rotation de Faye

$$\xi = a - b\sin^2\beta,$$

limitons-nous au cas de deux harmoniques; on aura

$$\xi_0 = a - \frac{1}{3}b, \qquad \xi_2 = -\frac{2}{3}b.$$

Le développement est alors fini et donne, au voisinage de la surface

$$H_t = \frac{1}{3}\frac{Q}{R}\xi_0\cos\beta\left[1 + \left(9X_2 + \frac{2}{5}\right)\frac{\xi_2}{7\xi_0}\right],$$

$$H_r = \frac{2}{3}\frac{Q}{R}\zeta_0\sin\beta\left[1 + \left(6X_2 - \frac{19}{5}\right)\frac{\xi_2}{7\xi_0}\right].$$

Au loin, le champ réel H tend à se confondre avec le champ élémentaire H_0, produit par la rotation, tout d'une pièce, de la sphère solaire avec la vitesse angulaire qu'elle possède réellement à la latitude de $26°34'\left(\sin\beta = \frac{1}{\sqrt{5}}\right)$.

Dans un Mémoire fondamental, M. W. Adams, de l'Observatoire du mont Wilson, a donné

$$a = 14^\circ,54, \qquad b = 3^\circ,50,$$

par jour solaire moyen; d'où l'expression numérique suivante pour les composantes du champ réel à la surface :

$$H_t = \frac{1}{3}\frac{Q}{R}\cos\beta\,(0,934 + 0,169\cos 2\beta) \times 2,7.10^{-6},$$

$$H_r = \frac{2}{3}\frac{Q}{R}\sin\beta\,(1,058 + 0,113\cos 2\beta) \times 2,7.10^{-6}.$$

Le Tableau suivant permet la comparaison numérique du champ réel et du champ élémentaire; $i - i_0$ désigne leur angle.

β.	0°.	15°.	30°.	45°.	60°.	75°.	90°.
$\frac{H_t}{H_{0,t}}$...	1,106	1,084	1,022	0,937	0,852	0,807	0,768
$\frac{H_r}{H_{0,r}}$...	1,185	1,159	1,118	1,061	1,005	0,963	0,948
$i - i_0$..	—0°	—1°38′	—2°32′	—2°45′	—2°20′	—1°22′	—0°

Le champ réel est toujours *plus vertical* que le champ élémentaire; la plus grande divergence des directions a lieu vers 45° de latitude, où elle atteint près de 3°. Ce n'est pas négligeable; on peut espérer que cela pourra servir, un jour, de critère à cette théorie.

ASTRONOMIE. — *Sur le prochain retour de la comète Finlay; perturbations de l'orbite dues à l'action de Jupiter.* Note de M. G. Fayet, présentée par M. Bassot.

Cette comète, dont la durée de révolution est 6 ans et demi environ, a été découverte au Cap par Finlay le 26 septembre 1886. Grâce aux excellents calculs de M. Schulhof, l'astre a été retrouvé sans difficulté en 1893 et en 1906; lors du retour de 1899, les conditions ont été trop défavorables pour que la comète puisse être aperçue.

Depuis 1906, une circonstance s'est produite, qui est venue compliquer notablement les calculs de prédiction concernant la prochaine apparition attendue pour le début de la présente année : dans le courant de cette dernière révolution, la comète s'est approchée à une assez faible distance de

Jupiter et, surtout, comme le montre le Tableau suivant, elle est demeurée pendant longtemps dans la sphère d'attraction de la planète.

Date.	Distance de la comète à Jupiter.	Date.	Distance de la comète à Jupiter.
1909 Octobre 4	1,10	1910 Août 20...........	0,50
» Novembre 13......	0,96	» Septembre 29......	0,57
» Décembre 23	0,84	» Novembre 8	0,67
1910 Février 1..........	0,72	» Décembre 18.......	0,78
» Mars 13...........	0,61	1911 Janvier 27.........	0.90
» Avril 22...........	0,52	» Mars 8............	1,02
» Juin 1	0,46	» Avril 17...........	1,15
» Juillet 11	0,46	» Mai 27............	1,27

L'unité de distance est la distance moyenne de la Terre au Soleil.

Il serait tout à fait imprudent, dans ces conditions, d'effectuer les calculs concernant le nouveau retour de l'astre, en se contentant du système d'éléments osculateurs à 1906.

D'ailleurs, tout récemment, à propos de la comète Tuttle j'ai eu l'occasion de montrer ici même (*Comptes rendus*, t. 155, p. 808) qu'une éphéméride, calculée sans avoir égard aux perturbations, attribuait à l'astre une position erronée de plus de 75°.

Je me suis donc proposé d'évaluer, au moins d'une façon approchée, l'action perturbatrice de Jupiter sur l'orbite de la comète Finlay, depuis la dernière apparition jusqu'à l'époque actuelle; ces perturbations ont été calculées par la méthode de la variation des éléments et les éléments osculateurs ont été modifiés aux époques : 1909 août 25, 1910 juin 1, 1911 juillet 6 et 1913 janvier 16.

Voici le montant des perturbations subies par les divers éléments durant les intervalles successifs :

Intervalle	1906 août 1 à 1909 août 25.	1909 août 25 à 1910 juin 1.	1910 juin 1 à 1911 juillet 6.	1911 juillet 6 à 1913 janvier 16.
dL.......	+0°.38′.22″	+2°.52′. 8″	+1°. 3′.36″	−0°.22′.34″
$d\pi$.......	−0.26. 6	−0.46.13	−1.45.19	−0.11.26
$d\Omega$.......	−1. 0. 1	−3.35.20	−1.10.50	+0. 2.13
di.......	+0. 1.56	+0.13.26	−0. 6. 3	−0. 1.28
$d\varphi$.......	+0.28.15	+0.51.24	−1.48.51	−0.13.44
$d\mu$.......	+4,43	+3,16	−17,43	−0,52

Nous rapprochons maintenant les éléments conclus, osculateurs au

16 janvier 1913, de ceux relatifs à l'apparition de 1906 et donnés par M. Schulhof.

		1913	1906
	Date d'osculation τ_m Paris.	1913 janvier 6,0.	1906 août 1,0.
	T.	1913 février 6,01.	1913 mars 24,07.
1910,0	π	5°. 5'. 12"	8°. 14'. 16"
1910,0	☊	46.41.30	52.25.28
1910,0	i	3.23. 4	3. 3. 7
	φ	45.40.57	46.23.53
	μ	532,45	542,55

Les perturbations semblent donc avoir avancé l'époque T, du passage au périhélie, de 46 *jours;* cela correspond à un déplacement d'environ *deux heures* pour l'ascension droite géocentrique de l'astre au début de cette année.

Malheureusement la comète va se présenter, de la sorte, dans des conditions de visibilité très défavorables.

En premier lieu, durant la période qui avoisine le passage au périhélie, elle restera à une faible distance angulaire du Soleil et visible seulement le soir, pendant fort peu de temps, à la fin du crépuscule, comme le montre le relevé suivant :

Date. 1913.	Æ. Comète.	Æ. Soleil.	Déclinaison. Comète.	Déclinaison. Soleil.	Distance à la Terre Δ.	Distance au Soleil. r.	$\frac{1}{r^2\Delta^2}$.
	h m	h m	° '	° '			
Janvier 16,5....	21.27	19.53	−16.52	−20.54	1,89	1,05	0,25
» 24,5....	22. 0	20.27	−13.52	−19.10	1,84	1,05	0,28
Février 1,5....	22.34	21. 0	−10.29	−17. 3	1,83	1,01	0,29
» 9,5....	23. 8	21.32	− 6.48	−14.37	1,82	1,01	0,30
» 17,5....	23.42	22. 3	− 2.55	−11.55	1,81	1,02	0,29
» 25,5....	0.15	22.34	+ 1. 1	− 9. 1	1,83	1,05	0,27

D'autre part, on constate que, à la même époque, la comète demeure très éloignée de nous, située presque à l'opposé de la Terre, relativement au Soleil; le rapport $\frac{1}{r^2\Delta^2}$ ne dépasse pas 0,30, alors que cette quantité atteignait 6,0 lors des premières observations de 1906.

Néanmoins nous publierons incessamment une éphéméride de recherches et nous conservons quelque espoir que la comète pourra être retrouvée, grâce à l'un des grands instruments visuels ou photographiques.

Nous rappellerons que, en 1886, le rapport $\frac{1}{r^2\Delta^2}$ était égal à 0,27 à

l'époque de la découverte et que cette quantité était devenue inférieure à 0,05, lors des dernières mesures effectuées pendant cette première apparition.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certaines équations fonctionnelles, et sur les transformations permutables.* Note de M. **Georges Giraud**, présentée par M. Émile Picard.

1. Je me propose d'indiquer une généralisation des équations fonctionnelles considérées dans la Note que j'ai eu l'honneur de soumettre à l'Académie dans sa séance du 6 janvier dernier. Je donnerai en outre une propriété de ces équations relativement aux transformations permutables entre elles, et une conséquence pour ces transformations elles-mêmes.

2. Considérons la transformation

$$\text{(C)} \qquad X_i = R_i(x_1, x_2, \ldots, x_n), \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

où $R_1, R_2, \ldots, R_n$ sont des fonctions de $x_1, x_2, \ldots, x_n$ holomorphes quand ces variables sont assez petites, et nulles quand elles sont nulles. Formons l'équation :

$$\begin{vmatrix} \frac{\partial R_1}{\partial x_1} - s & \frac{\partial R_1}{\partial x_2} & \cdots & \frac{\partial R_1}{\partial x_n} \\ \frac{\partial R_2}{\partial x_1} & \frac{\partial R_2}{\partial x_2} - s & \cdots & \frac{\partial R_2}{\partial x_n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \frac{\partial R_n}{\partial x_1} & \frac{\partial R_n}{\partial x_2} & \cdots & \frac{\partial R_n}{\partial x_n} - s \end{vmatrix} = 0,$$

où s est l'inconnue, et où les dérivées sont prises à l'origine. Soient a_1, $a_2, \ldots, a_n$ les racines de cette équation ; supposons que les p racines a_1, $a_2, \ldots, a_p$, p étant au plus égal à n, ne soient pas nulles et ne satisfassent à aucune relation de la forme

$$(1) \qquad a_1^\alpha a_2^\beta \ldots a_p^\lambda = a_q,$$

q étant un des nombres $p+1, p+2, \ldots, n$, et $\alpha, \beta, \ldots, \lambda$ des entiers positifs ou nuls de somme au moins égale à 2. Mais $a_1, a_2, \ldots, a_p$ peuvent avoir entre elles des relations de la même forme, q étant un des nombres $1, 2, \ldots, p$ et $\alpha, \beta, \ldots, \lambda$ étant des entiers positifs ou nuls de somme quelconque. Considérons toutes celles de ces relations où q a une valeur fixe. Nous

poserons

$$(2) \qquad \xi_q = a_q x_q + P_q(x_1, x_2, \ldots, x_p),$$

en désignant par P_q une série entière dont tout terme $A_1 x_1^\alpha x_2^\beta \ldots x_p^\lambda$ est tel que $a_1^\alpha a_2^\beta \ldots a_p^\lambda = a_q$ si $A \neq O$, et où l'indice de toute variable entrant dans un terme du premier degré est inférieur à q.

Considérons alors les équations fonctionnelles

$$(3) \quad \left\{ \begin{array}{l} f_i(\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_p) \\ \quad = R_i[f_1(x_1, x_2, \ldots, x_p), f_2(x_1, x_2, \ldots, x_p), \ldots, f_n(x_1, x_2, \ldots, x_p)] \\ \qquad\qquad\qquad (i = 1, 2, \ldots, n), \end{array} \right.$$

où $f_1, f_2, \ldots, f_n$ sont les fonctions inconnues, assujetties à être holomorphes quand les variables $x_1, x_2, \ldots, x_p$ sont assez petites, et nulles quand elles sont nulles. On peut chercher à développer ces fonctions en séries entières. Si alors on ne s'occupe pas de la convergence des séries obtenues, ni des séries P_q, on constate qu'il est possible de déterminer les coefficients des P_q de façon à satisfaire formellement aux équations (3). C'est le *théorème de multiplication généralisé*.

Si le nombre des relations telles que (1) est fini, les P_q sont des polynomes; on peut voir qu'on peut alors ranger les a_i dans un ordre tel que P_q ne dépende que de $x_1, x_2, \ldots, x_{q-1}$.

Si $a_1, a_2, \ldots, a_p$ sont tous supérieurs ou tous inférieurs à 1 en module, on peut démontrer que les séries obtenues sont convergentes. On montre pour cela que les coefficients sont inférieurs en valeur absolue à ceux qui sont obtenus pour certaines équations de la forme (3), mais où $\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_p$ sont égaux respectivement à $a_1 x_1, a_2 x_2, \ldots, a_p x_p$. Or la convergence des séries obtenues dans ce dernier cas a été démontrée par M. Picard [1]. Ces nouvelles fonctions jouissent des propriétés déjà connues des anciennes.

3. Considérons la transformation

$$(D) \qquad X_i = S_i(x_1, x_2, \ldots, x_n), \qquad (i = 1, 2, \ldots, n)$$

satisfaisant aux mêmes conditions que la transformation C, et *permutable* à celle-ci. Appliquons cette transformation aux séries (convergentes ou non)

---

(1) E. Picard, *Sur certaines équations fonctionnelles et sur une classe de surfaces algébriques* (*Comptes rendus*, 4 juillet 1904).

satisfaisant à (3) où $p = n$; on satisfera aux équations

$$(4) \quad \left\{ \begin{array}{l} f_i(\eta_1, \eta_2, \ldots, \eta_n) \\ \quad = S_i[f_1(x_1, x_2, \ldots, x_n), f_2(x_1, x_2, \ldots, x_n), \ldots, f_n(x_1, x_2, \ldots, x_n)], \\ \qquad\qquad (i = 1, 2, \ldots, n) \end{array} \right.$$

en $\eta_1, \eta_2, \ldots, \eta_n$, en prenant pour $\eta_1, \eta_2, \ldots, \eta_n$ certaines séries entières en $x_1, x_2, \ldots, x_n$, car $\frac{D(f_1, f_2, \ldots, f_n)}{D(x_1, x_2, \ldots, x_n)}$ n'est pas nul à l'origine; mais les transformations CD et DC étant égales, les transformations

$$(x_1, x_2, \ldots, x_n; \xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_n) \quad \text{et} \quad (x_1, x_2, \ldots, x_n; \eta_1, \eta_2, \ldots, \eta_n)$$

sont permutables entre elles (toujours au point de vue formel). On en déduit que

$$\eta_i = b_i x_i + Q_i(x_1, x_2, \ldots, x_n), \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

Q_i étant une série de la même forme que la série P_i; mais *si les coefficients des* P_i *satisfont à certaines relations*, les relations (1) ne sont plus forcément satisfaites quand on y remplace a_i par b_i; mais, si elles ne le sont pas, on démontre qu'un changement de variables permet de faire disparaître dans Q_i le terme en $x_1^\alpha x_2^\beta \ldots x_n^\lambda$ si l'on n'a pas $b_1^\alpha b_2^\beta \ldots b_n^\lambda = b_i$, et ceci, sans changer la forme des séries P_i. On voit donc que *les fonctions qui admettent un théorème de multiplication correspondant à la transformation* C *en admettent aussi un qui correspond à la transformation* D, en faisant au besoin un changement de variables, qui sera certainement inutile s'il n'y a entre les a_i aucune relation de la forme (1).

4. Soit E une autre transformation satisfaisant aux mêmes conditions que C et permutable à C. Supposons qu'il n'y ait entre les a_i aucune relation de la forme (1). Alors les fonctions $f_1, f_2, \ldots, f_n$, qui ont déjà deux théorèmes de multiplication correspondant à C et D, en ont un autre correspondant à E; et

$$\eta_i = b_i x_i \quad (\text{pour D}) \qquad \text{et} \qquad \zeta_i = c_i x_i \quad (\text{pour E}), \qquad (i = 1, 2, \ldots, n)$$

Mais les transformations

$$(x_1, x_2, \ldots, x_n; \eta_1, \eta_2, \ldots, \eta_n) \quad \text{et} \quad (x_1, x_2, \ldots, x_n; \zeta_1, \zeta_2, \ldots, \zeta_n)$$

sont permutables. *Donc il en est de même de* D *et* E.

Si l'on avait supposé l'existence de relations (1), il aurait peut-être fallu faire un changement de variables pour avoir deux théorèmes de multipli-

cation correspondant à C et D, et ce n'aurait peut-être pas été celui pour lequel on a deux théorèmes correspondant à C et E : cette circonstance ferait échouer la démonstration précédente; mais cette démonstration reste valable si cette circonstance ne se produit pas, car la proposition est vraie pour les transformations telles que (2) où les a_i satisfont aux *mêmes* relations (1).

Exemple. — Pour deux variables, la démonstration réussit si

$$a_2 = a_1^p$$

et si

$$\xi_1 = a_1 x_1, \qquad \xi_2 = a_2 x_2 + \lambda x_1^p, \qquad \lambda \neq 0.$$

Donc, *le plus souvent*, deux transformations permutables à une troisième et ayant un même point double commun avec cette troisième sont permutables entre elles. Mais il y a *certainement* des exceptions.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le problème de Riemann dans la théorie des équations aux différences finies.* Note de M. **Nörlund**, présentée par M. Appell.

On connaît la méthode par laquelle Riemann a abordé l'étude de l'équation différentielle de Gauss

$$z(1-z)\frac{d^2y}{dz^2} + [\gamma - (\alpha + \beta + 1)z]\frac{dy}{dz} - \alpha\beta y = 0.$$

En prenant un point de départ qui ressemble beaucoup à celui de Riemann, j'ai étudié une classe de fonctions qui se représentent par des séries de facultés hypergéométriques et qui satisfont à une équation linéaire aux différences finies dont l'équation de Gauss est un cas limite.

Je me propose de trouver une fonction ayant les propriétés suivantes :

1° Elle est uniforme et méromorphe dans tout le plan ;

2° Entre trois déterminations de la fonction en un même point, il existe une relation linéaire et homogène à coefficients périodiques avec la période 1;

3° Il y a deux déterminations $u_1(x)$ et $u_2(x)$ de la fonction qui sont holomorphes au voisinage de tout point à distance finie, en exceptant les points $\alpha, \alpha-1, \alpha-2, \ldots, \alpha', \alpha'-1, \alpha'-2, \ldots,$ qui sont des pôles simples;

ces déterminations se représentent sous la forme

$$u_1(x) = \left(\frac{1}{x}\right)^{\beta}\left[1 + \frac{\varepsilon_1(x)}{x}\right], \qquad u_2(x) = \left(\frac{1}{x}\right)^{\beta'}\left[1 + \frac{\varepsilon_2(x)}{x}\right],$$

$\varepsilon_1(x)$ et $\varepsilon_2(x)$ étant des fonctions qui tendent uniformément vers une limite quand x tend vers l'infini le long d'une droite quelconque qui forme avec l'axe des nombres positifs un angle qui est, en valeur absolue, $\leqq \frac{\pi}{2}$. Il y a deux autres déterminations de la fonction $\overline{u}_1(x)$ et $\overline{u}_2(x)$ qui sont holomorphes au voisinage de tout point à distance finie, en exceptant les points $\gamma, \gamma+1, \gamma+2, \ldots, \gamma', \gamma'+1, \gamma'+2, \ldots$, qui sont des pôles simples. Ces déterminations se représentent sous la forme

$$\overline{u}_1(x) = \left(\frac{-1}{x}\right)^{\beta}\left[1 + \frac{\overline{\varepsilon}_1(x)}{x}\right], \qquad \overline{u}_2(x) = \left(\frac{-1}{x}\right)^{\beta'}\left[1 + \frac{\overline{\varepsilon}_2(x)}{x}\right].$$

$\overline{\varepsilon}_1(x)$ et $\overline{\varepsilon}_2(x)$ étant des fonctions qui tendent uniformément vers une constante quand x tend vers l'infini le long d'une droite quelconque qui forme avec l'axe des nombres négatifs un angle qui est, en valeur absolue, $\leqq \frac{\pi}{2}$.

4° Entre les constantes $\alpha, \alpha', \ldots$ il existe la relation

$$\beta + \beta' + \gamma + \gamma' = \alpha + \alpha' + 3.$$

On suppose en plus que β est différent de β', mais il n'est pas nécessaire de supposer que les α et les γ sont différents. Si $\alpha - \alpha'$ est égal à un entier positif n, on suppose que les points $\alpha - n, \alpha - n - 1, \alpha - n - 2, \ldots$ sont des pôles doubles.

On démontre que toute fonction $u(x)$ jouissant de ces propriétés est une solution d'une équation aux différences finies, qui peut s'écrire sous l'une et l'autre des deux formes suivantes

$$(x-\gamma+2)(x-\gamma'+2)\Delta_{+1}^2\, u(x)$$
$$+ [x(1+\beta+\beta') + \beta\beta' + (\gamma-2)(\gamma'-2) - \alpha\alpha']\Delta_{+1}\, u(x) + \beta\beta'\, u(x) = 0,$$

$$(x-\alpha-2)(x-\alpha'-2)\Delta_{-1}^2\, u(x)$$
$$+ [x(1+\beta+\beta') - \beta\beta' + \gamma\gamma' - (\alpha+2)(\alpha'+2)]\Delta_{-1}\, u(x) + \beta\beta'\, u(x) = 0,$$

où

$$\Delta_\omega\, u(x) = \frac{u(x+\omega) - u(x)}{\omega}.$$

Et inversement, l'existence de notre fonction résulte de l'existence de

solutions de cette équation ayant les propriétés demandées. Il est facile d'obtenir des représentations analytiques de la fonction. L'équation aux différences admet en effet pour solutions un très grand nombre de séries hypergéométriques. Il suffit d'en écrire une; vu la symétrie remarquable de l'équation aux différences, les autres s'obtiennent par des permutations et des transformations. La solution $u_1(x)$, par exemple, se représente dans le demi-plan $R(x-\alpha')>0$ par le développement

$$u_1(x)=\frac{\Gamma(x-\alpha)}{\Gamma(x-\alpha+\beta)}F(\beta+\gamma-\alpha-1,\beta+\gamma'-\alpha-1,\beta;\beta-\beta'+1,x-\alpha+\beta),$$

où nous avons posé

$$F(\alpha,\beta,\gamma;\delta,x)=1+\frac{\alpha\beta\gamma}{1.\delta x}+\frac{\alpha(\alpha+1)\beta(\beta+1)\gamma(\gamma+1)}{1.2\,\delta(\delta+1)x(x+1)}+\ldots.$$

Soit ε un nombre positif; on a uniformément, dans l'angle

$$\pi-\varepsilon>\operatorname{Arg}x>-\pi+\varepsilon,$$
$$\lim_{x=\infty} x^\beta u_1(x)=1.$$

Mais quand x tend vers l'infini le long d'une droite parallèle à l'axe des nombres négatifs, cette limite n'existe plus, en général. Il y a lieu de se demander si l'on ne peut pas disposer des constantes α, α', ..., de sorte que la limite existe même dans ce cas pourvu que la droite ne passe pas par un des pôles α, α', ... C'est en effet possible, même d'une infinité de manières. On arrive ainsi à former une fonction $f(x)$ jouissant des propriétés suivantes :

1° Elle est méromorphe et n'admet d'autres pôles que les points 0, $-\frac{1}{2}$, -1, $-\frac{3}{2}$, ..., qui sont des pôles simples.

2° Si l'on exclut ces pôles du plan des x par de petits cercles avec un rayon fixe, mais aussi petit que l'on veut, on a *uniformément* dans le plan ainsi coupé

$$\lim_{x=\infty} x^\beta f(x)=1.$$

3° Il existe une série de puissances divergentes

$$x^\beta f(x)\sim 1+\frac{a_1}{x}+\frac{a_2}{x^2}+\frac{a_3}{x^3}+\ldots,$$

qui représente asymptotiquement $x^\beta f(x)$ dans l'angle

$$\pi-\varepsilon>\operatorname{Arg}x>-\pi+\varepsilon,$$

ε étant un nombre positif.

On sait que M. Mittag-Leffler a donné des exemples très intéressants de fonctions transcendantes entières tendant vers zéro le long d'un rayon vecteur quelconque. L'exemple précédent montre, ce nous semble, de même que les exemples de M. Mittag-Leffler, qu'il existe des singularités essentielles d'une nature très simple et peut-être un peu différente de ce qu'on pouvait être tenté de croire tout d'abord.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Les probabilités semi-uniformes.*
Note de M. **Louis Bachelier**, présentée par M. Appell.

On dit qu'un problème est relatif à des probabilités uniformes quand il consiste à étudier l'effet du hasard sur une suite d'épreuves identiques. Il n'y a pas uniformité quand les épreuves sont *a priori* dissemblables. On peut dire qu'un problème est relatif aux probabilités semi-uniformes quand les μ épreuves considérées sont divisées en groupes de k_1, k_2, ..., k_γ, ..., k_λ épreuves identiques entre elles, les conditions, pour chaque groupe, étant déterminées préalablement d'après certaines données et d'après le hasard.

A chaque épreuve, n événements A_1, A_2, .., A_{n-1}, A_n peuvent se produire et s'excluent mutuellement, de sorte qu'à chaque épreuve il s'en produit un et un seul. Considérons le $\gamma^{\text{ième}}$ groupe composé de k_γ épreuves. Relativement à ce groupe, avant que les épreuves soient commencées, le hasard décide entre l alternatives dont les probabilités sont $\omega_{1,\gamma}$, $\omega_{2,\gamma}$, ..., $\omega_{l,\gamma}$. ($\Sigma\omega = 1$). Il y a probabilité $\omega_{1,\gamma}$ pour que, *pendant tout le cours* des k_γ épreuves, les probabilités de A_1, A_2, A_3, ..., A_n soient respectivement $p_{1,1,\gamma}$, $p_{2,1,\gamma}$, $p_{3,1,\gamma}$, ..., $p_{n,1,\gamma}$; il y a de même probabilité $\omega_{2,\gamma}$ pour que, pendant le cours des k_γ épreuves, les probabilités soient $p_{1,2,\gamma}$, $p_{2,2,\gamma}$, $p_{3,2,\gamma}$, ..., $p_{n,2,\gamma}$, etc.

La probabilité moyenne de A_1 pour le $\gamma^{\text{ième}}$ groupe est

$$p_{1,\gamma} = \omega_{1,\gamma}p_{1,1,\gamma} + \omega_{2,\gamma}p_{1,2,\gamma} + \omega_{3,\gamma}p_{1,3,\gamma} + \ldots + \omega_{l,\gamma}p_{1,l,\gamma}.$$

La probabilité moyenne de A_2 pour le $\gamma^{\text{ième}}$ groupe est de même

$$p_{2,\gamma} = \omega_{1,\gamma}p_{2,1,\gamma} + \omega_{2,\gamma}p_{2,2,\gamma} + \omega_{3,\gamma}p_{2,3,\gamma} + \ldots + \omega_{l,\gamma}p_{2,l,\gamma}.$$

La probabilité moyenne générale de A_1 pour l'ensemble des μ épreuves ($\mu = k_1 + k_2 + \ldots + k_\gamma + \ldots + k_\lambda$) est

$$p_1 = \frac{1}{\mu}(k_1 p_{1,1} + k_2 p_{1,2} + \ldots + k_\gamma p_{1,\gamma} + \ldots + k_\lambda p_{1,\lambda}).$$

La probabilité moyenne générale de A_2 est de même

$$p_2 = \frac{1}{\mu}(k_1 p_{2,1} + k_2 p_{2,2} + \ldots + k_\gamma p_{2,\gamma} + \ldots + k_\lambda p_{2,\lambda}), \quad \ldots$$

La valeur moyenne du nombre des arrivées de A_1 pour l'ensemble des μ épreuves est μp_1, la valeur moyenne du nombre des arrivées de A_2 est μp_2, etc. Si, pour les μ épreuves, l'événement A_1 se produit $\mu p_1 + x_1$ fois, l'événement A_2, $\mu p_2 + x_2$ fois, ..., l'événement A_{n-1}, $\mu p_{n-1} + x_{n-1}$ fois, nous disons que les *écarts* sont $x_1, x_2, \ldots, x_{n-1}$.

On se propose d'obtenir la probabilité pour que les écarts soient $x_1, x_2, x_3, \ldots, x_{n-1}$ quand le nombre λ des groupes est très grand. (Les nombres $k_1, k_2, \ldots, k_\lambda$ sont quelconques. Il n'y a pas à considérer le dernier écart x_n puisque $x_1 + x_2 + \ldots + x_{n-1} + x_n = 0$). Pour résoudre le problème, il faut avoir recours aux méthodes générales exposées dans mon *Traité du calcul des probabilités* (Chap. XVIII). La fonction d'instabilité relative à l'événement A_1 et au $\gamma^{\text{ième}}$ groupe est

$$2k_\gamma p_{1,\gamma}(1 - p_{1,\gamma}) + 2k_\gamma(k_\gamma - 1)\sum_{i=1}^{i=l} \omega_{i,\gamma}(p_{1,i,\gamma} - p_{1,\gamma})^2.$$

La fonction d'instabilité relative à l'événement A_1 et à la totalité des groupes est

$$\varphi_1 = \sum_{\gamma=1}^{\gamma=\lambda} 2k_\gamma p_{1,\gamma}(1 - p_{1,\gamma}) + \sum_{\gamma=1}^{\gamma=\lambda} 2k_\gamma(k_\gamma - 1)\sum_{i=1}^{i=l} \omega_{i,\gamma}(p_{1,i,\gamma} - p_{1,\gamma})^2.$$

La fonction d'instabilité φ_2 relative à l'événement A_2 s'obtient en remplaçant dans cette formule l'indice 1 par l'indice 2, etc. La fonction $\chi_{1,2}$ relative aux événements A_1 et A_2 et au $\gamma^{\text{ième}}$ groupe est

$$-2k_\gamma p_{1,\gamma} p_{2,\gamma} - 2k_\gamma(k_\gamma - 1)\sum_{i=1}^{i=l} \omega_{i,\gamma}(p_{1,\gamma} p_{2,\gamma} - p_{1,i,\gamma} p_{2,i,\gamma}).$$

La fonction $\chi_{1,2}$ relative aux événements A_1 et A_2 pour la totalité des groupes est

$$\chi_{1,2} = \sum_{\gamma=1}^{\gamma=\lambda} -2k_\gamma p_{1,\gamma} p_{2,\gamma} - \sum_{\gamma=1}^{\gamma=\lambda} 2k_\gamma(k_\gamma - 1)\sum_{i=1}^{i=l} \omega_{i,\gamma}(p_{1,\gamma} p_{2,\gamma} - p_{1,i,\gamma} p_{2,i,\gamma}).$$

La fonction $\chi_{u,v}$ se forme en remplaçant dans cette formule les indices 1 et 2 par u et v. Connaissant les fonctions φ et χ, la probabilité cherchée

s'exprime par la formule

$$\frac{e^{-\frac{\Sigma a_h x_h^2 + 2\Sigma b_{\beta,\zeta} x_\beta x_\zeta}{\Delta}}}{(\sqrt{\pi})^{n-1}\sqrt{\Delta}} dx_1 \ldots dx_{n-1},$$

Δ désignant le déterminant

$$\begin{vmatrix} \varphi_1 & -\chi_{1,2} & \chi_{1,3} & -\chi_{1,4} & \ldots & \pm\chi_{1,n-1} \\ -\chi_{2,1} & \varphi_2 & -\chi_{2,3} & \chi_{2,4} & \ldots & \mp\chi_{2,n-1} \\ \chi_{3,1} & -\chi_{3,2} & \varphi_3 & -\chi_{3,4} & \ldots & \pm\chi_{3,n-1} \\ -\chi_{4,1} & \chi_{4,2} & -\chi_{4,3} & \varphi_4 & \ldots & \mp\chi_{4,n-1} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ \pm\chi_{n-1,1} & \mp\chi_{n-1,2} & \pm\chi_{n-1,3} & \mp\chi_{n-1,4} & \ldots & \varphi_{n-1} \end{vmatrix}.$$

La somme $\Sigma a_h x_h^2$ désigne la quantité

$$a_1 x_1^2 + a_2 x_2^2 + \ldots + a_{n-1} x_{n-1}^2.$$

La quantité a_h s'obtient en supprimant dans le déterminant Δ la $h^{\text{ième}}$ ligne et la $h^{\text{ième}}$ colonne.

La somme $\Sigma b_{\beta,\zeta} x_\beta x_\zeta$ désigne la quantité

$$b_{1,2}x_1x_2 + b_{1,3}x_1x_3 + \ldots + b_{1,n-1}x_1x_{n-1} + b_{2,3}x_2x_3 + \ldots + b_{n-2,n-1}x_{n-2}x_{n-1}.$$

On obtient $b_{\beta,\zeta}$ en supprimant, dans le déterminant Δ, la $\beta^{\text{ième}}$ ligne et la $\zeta^{\text{ième}}$ colonne.

Si l'on suppose que $k_1 = k_2 = \ldots = k_\lambda = 1$, on retrouve la formule de la page 396 de l'Ouvrage cité (un cas particulier de cette formule, étudié à la page 191, contient une faute d'inattention).

Si l'on suppose que deux événements sont seuls possibles à chaque épreuve (une seule variable) et que les groupes sont identiques avant d'être différenciés par le hasard, on retrouve une formule connue, due à Bienaymé.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Les diverses formes du principe de Dalembert et les équations générales du mouvement des systèmes soumis à des liaisons d'ordre quelconque.* Note de M. **Et. Delassus**, présentée par M. Appell.

Dans des Notes antérieures, j'ai montré comment on pouvait progressivement s'élever à la notion de mouvement parfait pour toutes les liaisons de première classe et pourquoi cette notion ne persistait pas au delà.

Soient

$$\Sigma(P + Q)\,\delta q$$

le travail virtuel des forces d'inertie et des forces données, calculé sur le système holonome obtenu en considérant les q comme indépendants et

$$F_1(q'') = 0, \quad \ldots$$

toutes les équations du second ordre de la liaison L. Ces dernières équations sont linéaires aux q'' et nous désignons par

$$\Phi_1(q''), \quad \ldots$$

les termes aux q'' dans les F. Lorsque L est finie ou linéaire du premier ordre, ses équations du premier ordre étant

$$f_1(q') = 0, \quad \ldots,$$

et les parties homogènes du premier degré des f étant

$$\varphi_1(q'), \quad \ldots,$$

il résulte de ce que les F sont alors uniquement les dérivées des f que les fonctions Φ sont identiques aux φ.

Dans la première étape, le principe de Dalembert s'introduit sous la forme :

$$\Sigma(P + Q)\,\omega = 0,$$

est une conséquence des équations

$$\varphi_1(\omega) = 0, \quad \ldots,$$

en interprétant les ω comme étant les δq.

Quand on s'élève au cas suivant, on part des équations déduites du principe analytique et l'on retombe sur des équations qui l'expriment encore; les ω deviennent ici de simples variables auxiliaires sans signification mécanique. On remarque en outre que, dans les deux premiers cas, les relations entre les ω peuvent aussi s'écrire

$$\Phi_1(\omega) = 0, \quad \ldots$$

Si l'on continue la généralisation, cette forme, au moyen des Φ, continue à exister et l'on arrive ainsi à la *forme analytique générale du principe de Dalembert pour tous les mouvements parfaits :*

La somme

$$\Sigma(P + Q)\,\omega$$

est nulle pour tous les systèmes de valeurs des ω *satisfaisant aux équations*

$$\Phi_1(\omega) = 0, \qquad \ldots,$$

obtenues au moyen des équations du second ordre de la liaison.

2. Il résulte de là que *les équations de Lagrange avec multiplicateurs s'appliquent directement à toutes les liaisons de première classe*, à condition de former la portion de ces équations qui est relative aux multiplicateurs au moyen des équations du second ordre de la liaison.

3. Si, dans toutes les expressions où figurent ces quantités, on considère t, les q et les q' comme constantes et les q'' comme variables, les variations de ces q'' satisferont aux équations

$$\delta F_1(q'') = \Phi_1(\delta q'') = 0, \qquad \ldots$$

donc pourront être prises pour variables ω. Si l'on tient compte de la forme, $-\frac{\partial S}{\partial q''}$, donnée par M. Appell aux coefficients P, la somme de Dalembert deviendra alors

$$\sum\left(-\frac{\partial S}{\partial q''} + Q\right)\delta q'' = -\delta[S - \Sigma Q q''] = -\delta R.$$

On retombe ainsi sur le principe du minimum de la fonction R et les équations de M. Appell.

4. Faisons sur les ω une substitution linéaire et homogène, $\sigma_1, \ldots, \sigma_n$ étant les nouvelles variables, les coefficients pouvant dépendre des q et des q', mais le déterminant n'étant pas nul. La somme de Dalembert deviendra

$$\Sigma \Psi \sigma$$

et devra être nulle pour tous les σ vérifiant les équations linéaires et homogènes

$$\Psi_1(\sigma) = 0, \qquad \ldots,$$

transformées des équations Φ.

5. Considérons un solide ayant un point fixe et soumis à une autre liaison de première classe. Interprétant les ω comme des δq, déterminons la substitution de façon que les équations

$$\begin{cases} \sigma_1 = 0, \\ \sigma_2 = 0, \end{cases} \qquad \begin{cases} \sigma_2 = 0, \\ \sigma_3 = 0, \end{cases} \qquad \begin{cases} \sigma_3 = 0, \\ \sigma_4 = 0, \end{cases}$$

définissent des déplacements de rotation autour des axes; nous retrouverons les équations d'Euler composées, comme dans les cas élémentaires, avec les rotations et les forces données mais complétées par des termes contenant des multiplicateurs de Lagrange et provenant des équations du second ordre.

Il est d'ailleurs à remarquer que de tels termes existent toujours même dans le cas de sliaisons linéaires du premier ordre, mais alors on les obtient, si l'on veut, par les équations du premier ordre et, en général, ils s'introduisent sous forme géométrique.

On pourrait faire le même raisonnement pour le mouvement d'un solide autour du centre de gravité et aussi pour le mouvement de ce centre de gravité; donc : *Les équations d'Euler s'appliquent directement au solide soumis à des liaisons quelconques de première classe*, à condition, comme pour les équations de Lagrange, de prendre des multiplicateurs relatifs aux équations du second ordre de la liaison.

6. Déterminons la substitution par les équations linéaires

$$\Phi_1(\omega) = \sigma_1, \quad \ldots, \quad \Phi_k(\omega) = \sigma_k,$$

auxquelles nous ajouterons $n-k$ équations analogues arbitrairement choisies. Les relations entre les variables σ prendront la forme simple

$$\sigma_1 = 0, \quad \ldots, \quad \sigma_k = 0,$$

et les $\sigma_{k+1}, \ldots, \sigma_n$ seront arbitraires, de sorte que l'équation de Dalembert donnera immédiatement

$$\mathfrak{P}_{k+1} = 0, \quad \ldots, \quad \mathfrak{P}_n = 0,$$

équations ne contenant aucune inconnue auxiliaire. Ce sont les équations d'Euler-Lagrange étudiées par M. Hamel, mais généralisées pour toutes les liaisons de première classe. Il est à remarquer que la substitution aux q' de nouvelles variables par les formules mêmes qui donnent les σ au moyen des ω, substitution employée par M. Hamel pour donner *une forme* aux équations d'Euler-Lagrange dans le cas de liaisons linéaires du premier ordre, n'a plus aucun sens quand la liaison est d'un genre plus élevé, car alors elle n'est plus linéaire. Ces équations d'Euler-Lagrange se généralisent donc comme génération mais non comme forme.

7. Il est à remarquer que toutes les méthodes précédentes exigent, pour

obtenir des équations sans inconnues auxiliaires, une résolution d'équations du premier degré et qu'elles ne diffèrent, au fond, que par le moment où l'on fait intervenir cette résolution dans le calcul général. La méthode d'Euler-Lagrange l'exige au début. Les équations de Lagrange et celles de M. Appell donnent la faculté de la faire soit au début, soit à la fin.

ÉLASTICITÉ. — *Sur un paradoxe des plaques rectangulaires uniformément chargées*. Note de M. **Mesnager**, présentée par M. L. Lecornu.

Dans son très remarquable Mémoire de 1820 *Sur la flexion des plans élastiques*, Navier ayant obtenu, sous forme d'une série double, une expression de la flèche des plaques rectangulaires posées, supportant une charge uniformément répartie, a écrit (p. 22) :

« La série contenue dans cette expression converge très rapidement, et l'on ne commettra dans les applications qu'une erreur insensible en se bornant au premier terme. »

Sa formule de la flèche est (en adoptant les notations suivantes pour la facilité des comparaisons) : p la charge par unité de surface, a et b les demi-côtés du rectangle, I le moment d'inertie de la plaque par unité de largeur, ou $\frac{h^3}{12}$ et a_1 le coefficient d'élasticité propre aux plaques,

$$f = \frac{256\,pa^4b^4}{\pi^6 a_1 \mathrm{I}(a^2+b^2)^2} = \frac{pa^4}{a_1\mathrm{I}}\,0{,}0667.$$

Cette formule est identique à celle qu'a donnée de Saint-Venant dans les notes de la traduction de la *Théorie de l'élasticité*, de Clebsch (p. 748). Dans sa Thèse de Doctorat, en 1900, M. Estanave, en utilisant la méthode de Maurice Levy, qui donne un développement en série simple, a obtenu, en en calculant deux termes, une expression inférieure d'environ 3 pour 100 à la précédente; le coefficient est de 0,065. La série étant à termes décroissants alternativement positifs et négatifs, il a ajouté : « Nous ne calculerons pas le troisième terme, il est d'un ordre, quant à son facteur numérique, supérieur à celui des $\frac{10}{1000}$. »

Considérons une plaque circulaire de même épaisseur, de même matière, reposant sur une circonférence inscriptible dans le carré ABCD. Sa flèche est

$$f = \frac{5\,pa^4}{64\,a_1\mathrm{I}} = \frac{pa^4}{a_1\mathrm{I}}\,0{,}0782.$$

On aboutit donc à cette conclusion, *a priori* inattendue, qu'il faut ajouter 17 pour 100 à la flèche de la plaque carrée pour obtenir la flèche de la plaque circulaire inscrite dans la plaque carrée.

On trouve dans la traduction de Clebsch (p. 897) une note, relative à une addition à la page 751, qui signale une série divergente dans l'étude faite pour la plaque rectangulaire chargée d'un poids unique; mais il ne semble pas qu'on puisse rien relever de pareil dans la théorie de la plaque uniformément chargée.

En tenant celle-ci pour exacte, on arrive à cette conclusion que le long du cercle inscrit tracé sur la plaque un certain nombre de points se soulèvent sous la charge. En effet, considérons la plaque rectangulaire uniformément chargée. Coupons-la suivant le cylindre circulaire concentrique inscrit dans le carré d'appui, nous pouvons le faire sans rien changer à sa forme, à condition d'appliquer le long de ce contour des réactions verticales et des moments dirigés suivant les tangentes au contour (car les moments suivant les normales à ce contour peuvent être remplacés par des réactions verticales). L'équilibre exige que la somme des réactions verticales soit égale à la charge.

Sans modifier les forces et moments, imaginons que nous encastrions le centre de la plaque sur un appui horizontal infiniment petit. Nous pouvons envisager la déformation de cette plaque comme la superposition de deux déformations dues : 1° à la charge uniforme et aux réactions du contour; 2° aux moments fléchissants appliqués au contour.

En changeant la répartition des forces verticales appliquées au contour, on ne changera pas la hauteur moyenne de ce contour par rapport au centre. En effet, cette hauteur moyenne est la somme des hauteurs moyennes dues à chacune des forces verticales et chacune agit indépendamment des autres et de la même façon, quel que soit le point du contour où on l'applique.

Donc la hauteur moyenne sera égale à la flèche de la plaque circulaire posée. Or les contours coïncident aux points de contact du cercle et du carré. Donc, entre ces points, le niveau de la plaque carrée devra être plus élevé en certains endroits, s'il n'est pas égal partout.

Faisons le même raisonnement pour les moments que pour les réactions verticales. La flèche due à ceux-ci devra être négative, puisque la flèche de la plaque circulaire posée est plus grande que celle de la plaque rectangulaire. Donc le moment fléchissant moyen, le long de la circonférence tracée sur la plaque circulaire, est négatif, si l'on convient de compter positifs ceux qui tendent à donner une convexité vers le bas.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur la production des marées statiques de la deuxième sorte dans un océan répondant à une loi quelconque de profondeur.* Note de M. **E. Fichot**, présentée par M. Ch. Lallemand.

Dans une Note publiée en 1903 (¹), Lord Rayleigh annonçait que les courants permanents, caractéristiques des marées statiques de la seconde sorte, ne pouvaient prendre naissance dans un océan limité par des barrières continentales non dirigées suivant des parallèles; de telle sorte que, contrairement aux conclusions auxquelles avait été conduit S.-S. Hough par ses recherches sur le temps d'amortissement des ondes, les marées à longue période se conformeraient bien, dans la réalité, à la théorie de l'équilibre, mais pour une raison toute différente de celle qu'avait donnée Laplace en invoquant l'action du frottement.

Ce résultat, qui avait l'avantage de fournir une base plus solide aux comparaisons faites par G.-H. Darwin et W. Schweydar dans le but de déterminer le coefficient de rigidité de la Terre, fut accepté sans réserves par G.-H. Darwin (²) et ne paraît pas avoir été, depuis, l'objet d'aucun commentaire.

Je me propose, en reprenant l'analyse de Lord Rayleigh, de préciser ce qui semble devoir être retenu de la conclusion trop absolue de l'illustre savant.

En prenant le rayon de la Terre pour unité, et représentant par u, v les composantes du déplacement d'une molécule vers le Sud et vers l'Est, par ζ la surélévation et ζ_0 sa valeur d'équilibre, par ω la vitesse angulaire de rotation, par θ la colatitude, ψ la longitude et h la profondeur, les équations de Laplace peuvent s'écrire

$$(1)\quad\left\{\begin{aligned} &\frac{d^2u}{dt^2} - 2\omega\cos\theta\frac{dv}{dt} = -g\frac{d}{d\theta}(\zeta-\zeta_0),\\ &\frac{d^2v}{dt^2} + 2\omega\cos\theta\frac{du}{dt} = -g\frac{d}{\sin\theta\, d\psi}(\zeta-\zeta_0),\\ &\zeta = -\frac{1}{\sin\theta}\left[\frac{d(hu\sin\theta)}{d\theta} + \frac{d(hv)}{d\psi}\right].\end{aligned}\right.$$

D'après la théorie générale des petites oscillations, les marées statiques de la deuxième sorte ne peuvent intéresser que les systèmes auxquels leur constitution mécanique permet une oscillation propre se réduisant à une circulation permanente qui ne trouble pas la surface libre. De tels mouvements se produiront dans l'Océan

(¹) *Phil. Magaz.*, 6ᵉ série, t. V, 1903, p. 136.

(²) *Encyklop. der math. Wissensch.*, VI, 1, 6 : *Bewegung der Hydrosphäre*. 1908, p. 65.

si l'on peut satisfaire aux équations obtenues en annulant à la fois

$$\zeta_0, \quad \frac{d^2 u}{dt^2}, \quad \frac{d^2 v}{dt^2} \quad \text{et} \quad \frac{d\zeta}{dt},$$

soit

$$(2) \quad \left\{ \begin{aligned} &\frac{du}{dt} = -\frac{g}{2\omega \sin\theta \cos\theta} \frac{d\zeta}{d\psi}, \qquad \frac{dv}{dt} = \frac{g}{2\omega\cos\theta}\frac{d\zeta}{d\theta}, \\ &\frac{\partial(h \sec\theta, \zeta)}{\partial(\theta, \psi)} = 0. \end{aligned} \right.$$

Si la profondeur est *constante* ou, plus généralement, *fonction de la latitude seule*, on devra donc avoir

$$\frac{d\zeta}{d\psi} = \frac{du}{dt} = 0,$$

et $\frac{dv}{dt}$ sera constant le long de chaque parallèle : la déformation statique produite sera symétrique par rapport à l'axe polaire et les courants seront dirigés suivant des parallèles.

Lord Rayleigh en conclut que tout mouvement permanent deviendrait impossible s'il existait une barrière continentale s'étendant d'un pôle à l'autre.

La présence d'une barrière imposant la condition d'annuler en chacun de ses points la composante normale du déplacement, cette déduction est, en effet, justifiée *avec la loi supposée de profondeur*.

Mais Lord Rayleigh ne considère pas qu'en général la fonction ζ est simplement assujettie à être de la forme $f(h \sec\theta)$ et que les trajectoires des molécules sur la surface libre sont les lignes le long desquelles on a $\zeta = \text{const.}$, c'est-à-dire $h \sec\theta = \text{const.}$

Pour que la marée statique de deuxième sorte ne puisse se produire, la disposition des rivages devrait donc être telle qu'*aucune* de ces trajectoires ne puisse se fermer; mais la ligne de côte étant elle-même une ligne de courant correspondant au minimum zéro de $h \sec\theta$, la profondeur serait alors nulle sur toute la surface des mers.

Il convient cependant de réserver le cas, d'ailleurs purement théorique et très éloigné des conditions naturelles, où il n'existerait aucun point isolé de profondeur nulle et où tous les maxima de la fonction $h \sec\theta$, ainsi que ses minima différents de zéro, se trouveraient répartis sur certaines portions de la ligne de côte constituées par des falaises. L'hypothèse envisagée par Lord Rayleigh rentre précisément dans cette catégorie très spéciale, puisque les maxima et minima définissent alors autant de parallèles qui sont tous interceptés par la barrière côtière.

En général donc, rien ne s'opposera à la production d'une marée statique de la seconde sorte, dont l'écart avec la marée d'équilibre proprement dite, variable avec l'étendue des aires de circulation permanente, dépendra de la loi de profondeur et de la distribution des continents.

AÉRONAUTIQUE. — *Sur le vol des oiseaux dit « vol à la voile ».* Note [1] de M. **Vasilesco Karpen**, présentée par M. Lippmann.

On dit qu'un oiseau vole à la voile lorsqu'il se soutient et se déplace dans l'air sans travail, le mouvement insignifiant et peu fréquent des ailes, semblable à celui de la voilure des navires, se réduisant à leur changement d'orientation.

Les équations du mouvement de l'oiseau voilier, que j'ai établies en adoptant pour la résistance de l'air les formules de la théorie de l'aéroplane, ainsi que quelques mesures faites sur des voiliers, m'ont permis de déterminer les conditions dans lesquelles l'énergie nécessaire au vol pouvait être entièrement empruntée au vent.

Supposons l'oiseau ailes déployées dans l'attitude du vol et, soient au temps t, h la hauteur de l'oiseau, V sa vitesse horizontale, β sa vitesse relativement à l'air, v et b les vitesses horizontale et verticale du vent, v' l'accélération géométrique $\left[\frac{dv}{dt}\right]$ du vent, ρ le rayon de courbure de la trajectoire relative décrite par l'oiseau.

Je supposerai que l'angle $\frac{1}{\beta}\left(\frac{dh}{dt}-b\right)$ que fait β avec l'horizontale est assez petit pour que β puisse être confondue avec sa projection, et que l'oiseau s'arrange de façon à attaquer toujours de front, c'est-à-dire que son plan de symétrie est parallèle à β. On a géométriquement

$$[V]=[v]+[\beta] \qquad \text{et} \qquad \left[\frac{dV}{dt}\right]=\left[\frac{dv}{dt}\right]+\left[\frac{d\beta}{dt}\right],$$

$\left[\frac{d\beta}{dt}\right]$ étant la résultante de l'accélération tangentielle $\frac{d\beta}{dt}$ et de l'accélération normale $\frac{\beta^2}{\rho}$.

Soit γ l'angle de $[dv]$ avec $-[\beta]$.

L'oiseau est soumis au poids P et à la réaction de l'air qui se compose des deux

(1) Présentée dans la séance du 11 novembre 1912.

forces

$$KS\beta^2 i \quad \text{et} \quad KS\beta^2 i^2 + K'S'\beta^2,$$

l'une normale à la direction du mouvement relatif, située dans le plan de symétrie de l'oiseau, l'autre parallèle à la vitesse relative. K et K' sont des coefficients numériques, i l'angle d'attaque, S la surface de sustentation, S' la section du « maître couple » de l'oiseau.

Je négligerai les modifications que l'oiseau doit introduire dans la forme et la position des ailes et de la queue pour faire passer la réaction de l'air par le centre de gravité, pour virer, pour diriger son plan de symétrie suivant β et l'incliner au besoin de l'angle λ sur la verticale; je négligerai aussi l'effet de l'accélération du vent vertical que je suppose constant ou lentement variable.

Projetons le mouvement sur la projection horizontale de $-[\beta]$, sur une horizontale normale à $[\beta]$, et sur une verticale; il vient après quelques éliminations, en supposant i petit et en faisant les approximations habituelles :

$$(1) \quad \frac{P}{g}\left(v'\cos\gamma + \frac{d\beta}{dt}\right) + \frac{P'b}{\beta} = \frac{P'^2}{KS\beta^2} + K'S'\beta^2 + \frac{P^2}{KSg^2}\left(\frac{v'\sin\gamma}{\beta} + \frac{\beta}{\rho}\right)^2 + \frac{P'}{\beta}\frac{dh}{dt},$$

$$(2) \quad \frac{P}{g}\left(v'\sin\gamma + \frac{\beta^2}{\rho}\right) = P'\,\text{tang}\lambda,$$

$$(3) \quad P' = P\left(1 + \frac{1}{g}\frac{d^2h}{dt^2}\right) = KS\beta^2 i \cos\lambda.$$

P' est ce que l'on pourrait appeler le poids apparent, c'est la force verticale réellement équilibrée par la poussée de l'air.

Les termes du premier membre de l'équation (1) représentent l'énergie, par unité de distance relative parcourue, empruntée au vent horizontal et au vent vertical, *c'est le travail moteur;* les trois premiers termes du deuxième membre représentent l'énergie dépensée pour le soutènement, la pénétration, et celle dépensée du fait de l'inclinaison du plan de symétrie sur la verticale, *c'est le travail résistant;* enfin le dernier terme représente la variation de l'énergie potentielle.

Le vent (v et b) étant donné, les équations précédentes déterminent le mouvement si l'on se donne la trajectoire relative et la vitesse de l'oiseau sur cette trajectoire.

Le problème du vol à la voile par un vent donné, revient à trouver une trajectoire et une vitesse relatives telles que la hauteur moyenne de l'oiseau puisse être maintenue ou augmentée.

En l'absence d'un vent vertical, si l'on confondait P avec P' et si l'on négligeait les pertes dans les virages, l'équation (1) montre que la meilleure trajectoire relative serait celle pour laquelle γ est constamment nul, et la

meilleure vitesse la vitesse :

$$\beta_0 = \frac{\sqrt{P}}{\sqrt[4]{KK'SS'}},$$

rendant minimum la somme des deux premiers termes de l'équation (1).

Dans le cas général, trajectoire et vitesse relatives seront voisines de celles définies ci-dessus.

Ainsi : *la manœuvre que l'oiseau voilier doit exécuter pour profiter au mieux des variations de la vitesse horizontale du vent, consiste à diriger constamment, et autant que possible, sa vitesse relative dans un sens contraire à celui de l'accélération du vent, et à garder à cette vitesse une valeur voisine de celle qui rend minimum le travail nécessaire pour la sustentation et la pénétration par unité de distance relative parcourue.*

Cette manœuvre est-elle physiologiquement acceptable? Peut-elle être instinctivement exécutée? Il semble que oui, car si pendant le vol, l'oiseau ne peut pas sentir le vent, il en sent à coup sûr la direction de l'accélération, il n'y a donc rien d'étonnant à ce qu'il vire instinctivement de façon à lui faire face.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *La théorie de la relativité et la cinématique.* Note de M. **Émile Borel.**

En étudiant géométriquement la théorie de la relativité, sous la forme que lui a donnée le regretté Minkowski, j'ai été conduit à des conséquences que je voudrais brièvement résumer ([1]).

1. Considérons trois systèmes (A), (B), (C), respectivement animés de mouvements de translation uniformes. Désignons par γ la vitesse de (B) par rapport à (A), vitesse mesurée par des observateurs liés à (A), en prenant

([1]) M. Paul Langevin, à qui j'ai communiqué les résultats que j'avais obtenus, m'a appris que l'une des formules auxquelles je suis arrivé a été indiquée par M. Sommerfeld dans la *Physikalische Zeitschrift*, dès 1909. Mais il ne semble pas que la notion d'*espace cinématique*, sous la forme précise que je lui donne, ait été mise en évidence. On ne la trouve pas, en tout cas, dans les exposés synthétiques tels que celui de M. Laue (*Das Relativitätsprincip*, 1911) ou celui de MM. E.-B. Wilson et G.-N. Lewis (*Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences*, novembre 1912), postérieurs à la publication de M. Sommerfeld.

pour unité la vitesse de la lumière (pour ces observateurs); nous désignerons de même par β la vitesse de (C) par rapport à (A), et enfin par A l'angle des directions de γ et de β. Nous définirons de même la vitesse α et les angles B et C. On doit observer que la théorie de la relativité entraîne que la vitesse de (A) par rapport à (B), mesurée dans (B), est égale au nombre γ que nous avons défini. Nous poserons, suivant une transformation bien connue : $\alpha = \operatorname{th} a$, $\beta = \operatorname{th} b$, $\gamma = \operatorname{th} c$. Les nombres positifs a, b, c, sont ce que l'on peut appeler les vitesses *vraies*.

Cela posé, la formule d'addition des vitesses que l'on doit à M. Einstein exprime que les relations entre a, b, c, A, B, C sont précisément celles qui lient, sur une surface à courbure constante négative, les côtés et les angles d'un triangle. La formule de M. Einstein donne, en effet, l'une de ces relations ([1]) et la parfaite symétrie de nos définitions entraîne les deux autres; la connaissance de b, c, A permet ainsi de connaître, non seulement a, *mais les angles* B *et* C.

2. Étant donnés divers systèmes animés de mouvements de translation uniformes, on peut représenter leurs vitesses par les extrémités de vecteurs ayant comme origine commune un point O qui correspond au système que l'on suppose au repos. En cinématique classique, on peut prendre comme origine des vecteurs-vitesses un autre point quelconque A, correspondant à un système (A) regardé comme fixe; *les vitesses des autres systèmes sont représentées par les mêmes points*. Il est naturel d'appeler *espace cinématique* l'espace des *points-vitesses* tels que A; en cinématique classique, l'espace cinématique est l'espace euclidien.

Le principe de relativité correspond à l'hypothèse que *l'espace cinématique est un espace à courbure constante négative*, l'espace de Lobatchewski et Bolyai. La valeur du rayon de courbure est la vitesse de la lumière. On peut observer que, dire que l'espace des géomètres est euclidien, c'est dire qu'il n'y a aucune longueur privilégiée, aucune unité absolue de longueur. Or, les théories physiques conduisent à admettre que la vitesse de la lumière est une unité absolue de vitesse. Il est donc assez naturel que la courbure de l'espace cinématique soit en relation avec cette unité.

3. La notion d'espace cinématique conduit à représenter par un point un système animé d'une translation uniforme et par une courbe un système

([1]) C'est cette relation qu'a donnée M. Sommerfeld.

animé d'une translation variable ; on est ainsi amené à présenter, sous une forme géométrique très simple, la théorie des accélérations intrinsèques et par suite la dynamique ; mais je me bornerai aujourd'hui à l'étude purement *cinématique* du mouvement, dans laquelle la définition du temps n'intervient pas explicitement ([1]).

4. Si l'on considère deux points A et B voisins sur la surface d'une sphère, il y a une certaine difficulté à définir les directions parallèles dans les plans tangents en A et en B, puisque ces plans ne sont pas eux-mêmes parallèles. On est conduit cependant, si les points A et B sont très voisins, à regarder les tangentes en A et B à l'arc de grand cercle AB et les perpendiculaires à ces tangentes comme formant deux systèmes correspondants d'axes rectangulaires, par rapport auxquels on peut définir la correspondance entre les directions en A et les directions en B. Si le point A décrit une courbe fermée ou, pour plus de netteté, un polygone dont les côtés sont de très petits arcs de grand cercle, on pourra ainsi définir de proche en proche la correspondance entre les directions qui seront dites parallèles. On sait que, lorsqu'on sera revenu au point de départ, les axes, supposés à chaque instant parallèles aux axes au point voisin, auront en réalité tourné d'un angle égal à la surface du polygone sphérique (le carré du rayon de la sphère étant pris comme unité de surface). Le même phénomène se produit lorsqu'on veut définir les directions des vitesses aux divers points de l'espace cinématique. En deux points très voisins A et B, c'est-à-dire dans deux systèmes (A) et (B) dont le mouvement relatif est une translation uniforme de vitesse très faible, on regardera comme axes parallèles les trièdres définis par la direction de la vitesse relative et par deux plans rectangulaires contenant cette direction. Il semble que ce soit là le seul moyen, pour un observateur lié à un système animé d'un mouvement non uniforme de *conserver la notion de la direction*.

On est ainsi conduit à la conséquence suivante : si le point vitesse d'un système (A) décrit un contour fermé (que nous supposons plan, pour simplifier), les axes restés fixes pour l'observateur lié à (A) se trouvent, pour un observateur dont la vitesse a été toujours égale à la vitesse initiale et finale de (A), avoir tourné d'un angle égal à l'aire du contour. Cet effet du

---

([1]) La considération des triangles pseudo-sphériques rectangles, pour lesquels on a $\operatorname{ch} a = \operatorname{ch} b \operatorname{ch} c$, permet de simplifier beaucoup les calculs relatifs au temps propre, notamment dans l'étude des mouvements uniformément accélérés.

second ordre pourrait se déduire de la contraction de Lorentz à laquelle la notion d'espace cinématique est équivalente ; il revient à ceci : *un système que les observateurs liés au système croient constamment en translation peut paraître animé d'un mouvement de rotation à des observateurs extérieurs.*

Cet effet ne sera, bien entendu, sensible que pour des mouvements périodiques très rapides. Prenons comme unité de longueur le centimètre, l'unité de temps étant telle que la vitesse de la lumière soit égale à l'unité et considérons un mouvement défini par les équations $x = A \cos \omega t$, $y = A \sin \omega t$. Les vitesses sont de l'ordre de $A\omega$ et leurs carrés de l'ordre de $A^2\omega^2$; tel est l'ordre de grandeur de l'angle de rotation pour une période; la vitesse angulaire, c'est-à-dire l'angle de rotation par unité de temps sera de l'ordre de $A^2\omega^3$. Pour les vibrations lumineuses, ω est de l'ordre de 10^5 (puisque, avec nos unités, les périodes sont égales aux longueurs d'onde); même avec des élongations A très petites, de l'ordre de 10^{-12}, on obtient une vitesse angulaire 10^{-9}, c'est-à-dire 30 tours par seconde [1].

Dans l'hypothèse moléculaire, il n'y a pas lieu de se préoccuper de la théorie de la rotation du corps solide, mais seulement des mouvements des particules qui le composent. Il est assez curieux d'observer que la théorie de la relativité entraîne la conséquence que les mouvements de rotation qui apparaissent aux observateurs au repos peuvent être expliqués par des hypothèses dans lesquelles les mouvements intrinsèques seraient exclusivement des mouvements de translation.

PHYSIQUE. — *Sur les tourbillons cellulaires isolés.* Note de M. C. **Dauzère**, présentée par M. Deslandres.

Les expériences sur les tourbillons cellulaires que je poursuis depuis quelques mois m'ont conduit à la découverte des tourbillons isolés; j'ai décrit leur formation et leurs changements dans deux Notes, présentées à l'Académie des Sciences en 1912 [2]. Des photographies représentant ces tourbillons ont été insérées dans la dernière Note, figure 2. Elles montrent de longues *coupures* parallèles, occupant les espaces sans tourbillons qui séparent les colonies de cellules. Ces coupures sont moins nettes dans la photographie que les tourbillons eux-mêmes; elles paraissent beaucoup plus serrées : elles indiquent une division du liquide par les courants de

(1) Dans ces calculs approximatifs, on a négligé les facteurs tels que 2π.

(2) C. Dauzère, *Comptes rendus*, 15 avril 1912, p. 974; t. 155, 5 août 1912, p. 394.

convection bien différente de celle qui donne naissance aux cellules voisines. On peut se demander quelle est la raison de l'existence simultanée de ces deux modes de division dans la nappe liquide.

En regardant attentivement cette nappe, on s'aperçoit que la région des coupures apparaît toujours un peu trouble, ou plutôt il semble qu'un voile léger s'étende sur la surface, tandis que, dans la région des cellules, le liquide est parfaitement transparent. Ce voile est produit par des parcelles solides très fines, nageant sur la surface libre et plus ou moins agglutinées entre elles, de manière à former une sorte de membrane mauvaise conductrice qui isole le liquide sous-jacent de l'atmosphère ambiante. Le refroidissement par la face supérieure de la nappe est alors beaucoup moins actif, la convection calorifique est beaucoup plus lente, ainsi que la régularisation des tourbillons, qui ne dépasse pas la phase des coupures décrite par M. Bénard ([1]).

La membrane superficielle est formée de la manière suivante :

On obtient des tourbillons isolés en opérant avec une cire qui a subi une ébullition prolongée avec l'eau pure ou mieux avec une solution alcaline étendue; la cire qui a été ainsi traitée, ajoutée à la cire ordinaire, lui communique ses propriétés. Le traitement a eu pour conséquence une saponification partielle; le savon solide obtenu se présente sous forme de fines parcelles, un peu gélatineuses, qui restent en suspension dans la cire fondue et ne se dissolvent ou ne fondent elles-mêmes complètement qu'à une température supérieure à 100°. A 90° la division cellulaire hexagonale s'établit immédiatement dans toute la nappe aussitôt qu'on a versé la cire dans la cuvette à fond plat horizontal où l'on fait l'expérience. Les parcelles solides sont entraînées par les courants de convection; elles se rassemblent à la surface libre sur les contours des cellules et de préférence aux sommets ternaires, comme l'a établi M. Bénard; elles s'y agglutinent et forment une membrane qui s'accroît lentement en allant des contours vers le centre; la surface libre de chaque cellule devient un cercle dont le rayon décroît peu à peu jusqu'à zéro. Ceci explique la disparition progressive des cellules à une température constante inférieure à 100°.

Si l'on chauffe lentement la nappe avant que tous les tourbillons aient disparu, la matière solide formant la membrane superficielle se dissout peu à peu; la dissolution a lieu de préférence sur les bords des tourbillons restants, et l'on voit ceux-ci grossir; leurs dimensions deviennent bientôt supérieures à celles des cellules hexagonales stables de l'état permanent limite, ils se divisent alors par scissiparité de manière à donner naissance à une colonie de cellules comme nous l'avons expliqué ailleurs.

([1]) H. Bénard, *Revue générale des Sciences*, 1906, p. 1316.

Les bords des tourbillons isolés sont circulaires, ceux des cellules qui se trouvent aux limites de la colonie sont des courbes régulières dont la courbure est déterminée par la tension de la membrane superficielle comme dans les expériences de Plateau sur les lames de liquide glycérique.

L'état dans lequel se trouve la région des coupures peut être réalisé dans la cire ordinaire ou la paraffine fondues en couvrant une partie de la surface par une mince lame de verre transparente. Au-dessous de cette lame, comme au-dessous de la membrane superficielle précédente, la convection est moins active que dans les régions voisines exposées à l'air libre. Il s'y établit une division en coupures qui ne se régularise qu'au bout d'un temps très long, à une température un peu élevée (150° à 160°) à laquelle la cire commence à se décomposer.

Il est préférable, pour observer les deux modes de division, d'opérer avec des sels fondus, dans les limites de température où ils ne sont pas décomposés. J'ai fait quelques essais avec l'azotate de soude, chauffé un peu au-dessus de son point de fusion. Dans ce sel, comme dans la cire, les cellules ou coupures sont beaucoup plus serrées, pour la même épaisseur, lorsque la surface supérieure de la nappe est couverte par une paroi solide. En outre les dimensions des cellules de l'azotate de soude à 340° sont du même ordre de grandeur que celles de la cire entre 80° et 100°.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les différences de potentiel de contact apparentes entre un métal et des solutions électrolytiques.* Note de M. J. **Guyot**, présentée par M. E. Bouty.

Dans une précédente Note, j'ai montré que la différence de potentiel apparente entre une toile métallique dorée et une solution électrolytique L, dans laquelle plonge une électrode réversible M, peut se représenter par l'expression

$$V = V_0 \pm K \log_{10} C.$$

Dans cette formule :

V_0 est une constante;

K est voisin de $2,30 \dfrac{RT}{p\varepsilon}$, où R est la constante des gaz, T la température absolue, p la valence de l'ion créé par la dissolution de l'électrode, ε la constante de Faraday, et 2,30 le facteur de transformation des logarithmes décimaux en logarithmes népériens;

Enfin, C représente indifféremment la concentration de la solution en molécules ou

en ions correspondant à l'électrode, si les solutions soumises à l'expérience sont suffisamment diluées pour que la fraction des molécules dissociées soit voisine de l'unité.

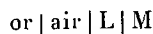
De quoi dépend V_0?

Pour essayer de résoudre cette question, j'ai tout d'abord multiplié les mesures, dans l'intention de rechercher comment varie la différence de potentiel, quand on fait varier la nature de l'électrolyte, sans changer la nature de l'électrode, pourvu qu'il y ait toujours réversibilité.

Les résultats auxquels je suis arrivé me permettent d'énoncer la loi suivante :

Il existe même différence de potentiel apparente entre l'or et des solutions équimoléculaires d'électrolytes qui renferment un ion commun, et qui sont reliées aux appareils de mesure par l'électrode correspondant à cet ion.

En d'autres termes, la force électromotrice de la chaîne


or | air | L | M

prend des valeurs égales pour des solutions d'électrolytes différents, de même concentration, qui renferment toutes l'ion correspondant à l'électrode M.

Voici, en effet, quelques-uns des chiffres qui ont été obtenus :

1° *Solutions de chlorures métalliques avec électrode impolarisable de mercure recouvert de calomel.*

a. Les *chlorures de potassium et de sodium* nous ont donné les résultats suivants :

Concentration des solutions de KCl.............	0,077	0,0077	0,052	0,0052	0,0264
Différences de potentiel apparentes.............	0^v,200	0^v,251	0^v,209	0^v,259	0^v,225
Concentration des solutions de NaCl.............	0,065		0,026		0,00454
Différences de potentiel apparentes.............	0^v,204		0^v,222		0^v,261

D'où il résulte que si l'on porte en abscisses les logarithmes décimaux des concentrations et en ordonnées les différences de potentiel mesurées, les points figuratifs de ces deux sels se placent sur une même droite.

b. Avec HCl, LiCl, NH^4Cl, $CuCl^2$, $CdCl^2$, les points obtenus se placent sur la droite précédente, ou ne s'en écartent que d'une quantité qui est de l'ordre des erreurs d'expérience.

Exemples :

Solutions de HCl : concentrations.	0,10	0,0456	0,057	0,00227
Différences de potentiel mesurées.	$0^v,189$	$0^v,208$	$0^v,204$	$0^v,278$
Points de même abscisse sur la courbe de KCl et NaCl........	$0^v,194$	$0^v,211$	$0^v,208$	$0^v,276$

Solutions de $CdCl^2$: concentrations.	0,010	0,005
Différences de potentiel trouvées.	$0^v,238$	$0^v,260$
Ordonnées correspondantes de la courbe de KCl...............	$0^v,244$	$0^v,259$

2° *Solutions de sels d'argent avec électrodes d'argent.*
J'ai obtenu en particulier :

Avec		v
0,0045	NO^3Ag.......................	0,506
0,0044	CO^3Ag.......................	0,507
0,0047	SO^4Ag^2......................	0,508

D'autre part, une solution saturée d'oxyde d'argent donne $0^v,438$. Si la loi formulée est exacte, on trouve par extrapolation sur la courbe relative aux sels d'argent, que la concentration en AgOH de la solution saturée doit être $1,9 \times 10^{-4}$. Or l'application des procédés analytiques ordinaires ou de diverses autres méthodes physico-chimiques conduit précisément à des valeurs du même ordre (¹).

3° Des mesures effectuées sur SO^4Cu, $CuCl^2$, $(NO^3)^2Cu$ *avec électrode de cuivre*, sur SO^4Zn, $(CH^3CO^2)^2Zn$ *avec électrode de zinc*, sur SO^4Cd, $CdCl^2$ *avec électrode de cadmium*, ont donné des résultats analogues.

Nous pouvons donc conclure de là que la différence de potentiel apparente fournie par des électrodes réversibles ne dépend que de la nature de ces électrodes, résultat qui n'est pas sans analogie avec celui qu'avait obtenu M. Bouty dès 1880, dans l'examen thermo-électrique de divers contacts réversibles *métal | électrolyte*.

Dès lors, si la différence de potentiel vraie L | M, peut, conformément à la théorie de Nernst, se représenter par une expression de la forme

$$L \mid M = \frac{RT}{\varepsilon p} \log c + \text{const.},$$

il faut admettre que la différence de potentiel vraie *air | électrolyte* est, au moins pour les solutions diluées et au degré de précision de nos expériences, indépendante de la nature et de la concentration de l'électrolyte.

(¹) *Tables annuelles de constantes et données numériques*, p. 380.

ÉLECTRICITÉ. — *Prédétermination des caracteristiques des dynamos à courant continu.* Note (¹) de M. **E.-J. Brunswick**, présentée par M. E. Bouty.

Pour déterminer l'excitation nécessaire à l'obtention d'une différence de potentiel aux bornes, avec un débit donné, à une vitesse imposée, j'opère ainsi.

Je suppose que les caractéristiques partielles du flux en fonction des forces magnétomotrices, et relatives aux divers éléments du circuit magnétique, ont été déterminées (voir Picou, *Bulletin Soc. Int. Elect.*, 1902).

Je distingue la *zone active*, comprenant l'entrefer et l'induit, où interfèrent le flux émis par la pièce polaire, et le flux global de réaction d'induit; le flux qui en résulte engendre la f. e. m. induite; c'est le flux utile én charge :

$$E_c = U_c + r_A I_{A_q},$$

où U_c est la différence de potentiel aux bornes pour le courant I_{A_q}, et $r_A I_{A_q}$ la chute ohmique dans l'induit.

La f. e. m. induite en charge, est maximum suivant la direction de la zone de variation d'induction nulle. Le flux utile F_c est dirigé à $\frac{\pi}{2}$ sur la f. e. m. E_c.

Le flux de réaction $\mathcal{F}_I$ est orienté suivant le plan de calage des balais, soit comme la f. e. m. induite, à un petit angle φ près, négligeable et représentant l'avance des balais sur la zone de variation d'induction nulle (exigée par la commutation).

Le flux de réaction $\mathcal{F}_I$ se calcule ou se détermine par expérience. Le flux utile $\mathcal{F}_c$, proportionnel à la f. e. m. E_c induite, se calcule simplement.

Les positions relatives des vecteurs étant définies, le diagramme des flux est déterminé; la résultante $\mathcal{F}_r$ est égale au flux émanant, en charge, du pôle dans la zone active.

Le flux total engendré par l'excitation des bobines inductrices, se développe dans l'inducteur. Il se partage entre la zone active et les dérivations propres à l'inducteur.

Il convient aussi de distinguer les effets magnétiques dus à l'excitation des inducteurs et à l'enroulement d'induit.

(¹) Présentée dans la séance du 13 janvier 1913.

J'envisage ainsi deux diagrammes distincts : l'un, relatif aux flux en présence dans la zone active exige : flux d'induction utile et flux de réaction équilibrant le flux résultant émanant du pôle dans la zone active ; l'autre, relatif aux forces magnétomotrices.

Le flux résultant dans la zone active exige une excitation qu'on lira sur la caractéristique partielle de la zone active, pour l'entrefer seul. Il faut y ajouter l'excitation pour le flux utile d'induction dans le *fer* (denture et culasse).

La partie rectiligne de la caractéristique partielle de la zone active (entrefer, denture, culasse d'induit), et son prolongement, correspondent à l'entrefer seul, en négligeant, tant qu'il n'y a pas de saturation, l'excitation pour la partie *fer* de cette zone.

Dans la région saturée, la différence des abscisses entre la partie rectiligne « entrefer » et la partie curviligne représente l'excitation pour le fer ; cette approximation, suffisante, fixe l'excitation exigée pour développer le flux utile qui seul traverse la partie « fer ».

Le courant circulant dans l'induit y détermine une excitation qu'on décompose : 1° en une partie correspondant aux ampères-tours induits compris dans le double du décalage ou « réaction démagnétisante », arithmétiquement en opposition avec l'excitation principale des inducteurs ; 2° en une réaction transversale, due au reste de l'enroulement induit ; sa direction moyenne est à $\frac{\pi}{2}$ sur celle de l'excitation principale des inducteurs.

L'excitation nécessaire à la production du flux résultant dans la zone active doit en tenir compte, en affectant vectoriellement la réaction transversale d'un coefficient de réduction approprié.

A la résultante géométrique ainsi obtenue, j'ajoute la réaction démagnétisante, et j'obtiens l'*excitation totale* nécessaire à l'induction pour avoir le flux résultant, en charge, *sous la pièce polaire*.

Cette force magnétomotrice entraîne la production d'un flux dérivé, propre à l'inducteur.

L'excitation nécessitée par l'inducteur seul se relève sur la caractéristique partielle de celui-ci, pour la somme du flux total (émanant de la pièce polaire) et du flux dérivé.

L'*excitation totale* résultante à réaliser sur les inducteurs est égale à la somme de ces excitations.

Un procédé inverse permet de déterminer expérimentalement, sur une

machine de proportions connues, par un essai en court circuit, le flux de réaction pour une intensité donnée.

J'obtiens ainsi, sans calculs laborieux, en partant des dimensions de la machine, et par une comparaison simple, le flux de réaction d'un induit quelconque pour un débit donné.

La méthode pourrait s'appliquer aux alternateurs.

PHYSIQUE. — *Chaleurs latentes de vaporisation et pressions maxima.* Note de M. A. **Leduc**, présentée par M. E. Bouty.

La détermination de la chaleur de vaporisation à la température d'ébullition normale est relativement facile. Mais il n'en est pas de même à une température quelconque. Il suffit, pour s'en convaincre, de comparer les résultats relatifs au corps le mieux étudié, c'est-à-dire à l'eau, d'après Regnault et d'après Henning. On a :

	Regnault.	Henning.
A 100°	537	538,7
A 130	515,7	518,3
A 160	494	496,6

Une faible part seulement des écarts est due à la différence des échelles thermométriques. On ne s'étonnera pas de trouver des écarts relatifs plus grands pour un corps quelconque, même si la condition de pureté n'intervient pas.

La force élastique maxima des vapeurs semble plus facile à déterminer, bien que nous constations des écarts fort appréciables, même dans le cas de l'eau, entre les déterminations de Regnault, de Batelli et de Holborn et Henning, qui ont trouvé, par exemple :

	Regnault.	Batelli.	Holborn et Henning.
	cm	cm	cm
A 120°	149,1	150,3	148,9
A 140	271,8	272,3	271
A 160	465,1	463,4	463,3

Quoi qu'il en soit, il serait très intéressant de pouvoir se dispenser de l'une de ces déterminations et de reporter tout l'effort sur l'autre.

C'est ce qu'on peut faire en appliquant la formule de Clapeyron

$$L = \frac{T}{J}(u' - u)\frac{dF}{dT}, \qquad (1)$$

mais *en calculant le volume spécifique u' de la vapeur saturante au moyen de mes formules*, au lieu de s'évertuer à les déterminer expérimentalement. J'ai montré, en effet, que cette détermination directe n'avait donné, en général, que des résultats fort médiocres.

Je me suis proposé, à titre d'exemples, de confronter quelques valeurs de L ainsi calculées avec les valeurs expérimentales pour l'eau, l'éther et le benzène. A cet effet, je combine la formule (1) avec ma formule d'état

$$MFu' = RT\varphi \tag{2}$$

de la manière suivante :

$$L = \frac{R}{JM} T^2 \frac{1}{F} \frac{dF}{dT} \left(1 - \frac{u}{u'}\right) \varphi. \tag{3}$$

Le terme correctif $\frac{u}{u'}$ est assez faible pour que l'erreur qu'il comporte soit tout à fait négligeable. Quant au volume moléculaire relatif φ, je l'ai calculé en admettant que les vapeurs d'eau et d'éther sont normales et en tenant compte de ce que la vapeur de benzène ne l'est pas [1].

1. *Vapeur d'eau.* — Pressions maxima d'après Holborn et Henning, chaleurs totales d'après Henning, et chaleur spécifique d'après Dietérici.

t.	$\frac{1}{F}\frac{dF}{dT}$.	φ.	$1 - \frac{u}{u'}$.	L calculées.	L observées.	Écart pour 100.
100°.....	0,03566	0,9878	0,9994	540,4	538,7	0,3
130°.....	0,02992	0,9750	0,9985	522	518,3	0,7
160°.....	0,02545	0,9546	0,9968	501	496,6	0,7

Pour mettre à peu près d'accord les données expérimentales utilisées, il faudrait admettre que le coefficient d'écart à la loi de Mariotte de la vapeur d'eau présentât un excès de 15 à 20 pour 100 par rapport aux gaz normaux. Cette hypothèse ne semble d'ailleurs pas fondée.

Remarquons que si l'on admet, d'après P. Chappuis, qu'à 100° $\frac{1}{F}\frac{dF}{dT} = 0{,}03545$, on en déduit $L = 537$, nombre de Regnault.

2. *Éther.* — Pressions maxima d'après Young et Ramsay, L observées d'après Winkelmann (1880). J'ai montré ailleurs que sa vapeur est normale.

---

[1] Voir *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. XIX, p. 473.

$t.$	$\frac{1}{F}\frac{dF}{dT}$.	φ.	$1-\frac{u}{u'}$.	L calculées.	L observées.	Écart pour 100.
10°......	0,04355	0,9771	0,9983	91,3	92,4	1,2
30......	0,03660	0,9595	0,9964	86,2	89,8	4,4
50......	0,03137	0,9343	0,9935	81,5	86,8	6,5

Pour faire concorder les valeurs de L calculées et observées, il faudrait supposer que la vapeur saturante d'éther se comportât comme un gaz parfait. Ces nombres expérimentaux sont donc *inconciliables*.

3. *Benzène*. — Pressions maxima d'après Young et Ramsay, chaleurs totales d'après Regnault et chaleurs spécifiques d'après Schiff (1886) :

$t.$	$\frac{1}{F}\frac{dF}{dT}$.	φ.	$1-\frac{u}{u'}$.	L calculées.	L observées.	Écart pour 100.
60°......	0,03551	0,9790	0,9982	98	98,4	+0,45
80......	0,03085	0,9667	0,9970	94,3	94,8	+0,5
100......	0,02712	0,9502	0,9950	92,9	88,1	−4,8

La concordance est ici satisfaisante à la température d'ébullition et à 60°, mais tout à fait insuffisante à 100°. Les expériences seraient donc à reprendre, au moins au-dessus de 80°.

Remarque. — On pourrait craindre que, même si les valeurs de F étaient bien observées, celles de $\frac{dF}{dT}$ fussent beaucoup moins sûres. Mais il arriverait alors que les valeurs de la dérivée seraient tantôt trop grandes et tantôt trop faibles, puisque en définitive

$$F_T = F_{T_0} + \int_{T_0}^{T} \frac{dF}{dT}\, dT$$

et que F_T et F_0 sont supposés bien connus. Il en serait donc de même des valeurs calculées de L. On saura immédiatement à quoi s'en tenir.

En conséquence, il semble tout indiqué de reprendre, de préférence, l'étude des pressions maxima, sur des corps purs, bien entendu, et en ayant soin de rapporter les températures à l'échelle thermodynamique (thermomètre normal à gaz parfait).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Réactions chimiques dans les gaz comprimés : étude de la décomposition de l'oxyde d'azote.* Note de MM. **E. Briner** et **Boubnoff**, présentée par M. G. Lemoine.

Des recherches antérieures [1] ont démontré qualitativement la transformation du gaz NO nous l'influence des pression élevées. Nous avons repris l'étude du mécanisme de cette réaction dans des limites plus étendues de pression et de température (de 50^{atm} à 700^{atm}, et de $-80°$ à $+300°$) : nous résumons ici les résultats ainsi obtenus.

Pour éviter l'action de tous corps étrangers, la compression est réalisée en condensant d'abord un volume connu de NO gazeux dans des tubes de verre capillaires, à paroi très épaisse, plongés dans l'air liquide; ces tubes sont ensuite portés et maintenus aux températures convenables, après avoir été fermés au chalumeau. Connaissant la capacité du tube, on déduit de la quantité de NO condensé la pression initiale; d'autre part, la longueur de la colonne liquide formée permet de mesurer la vitesse du phénomène. Pour établir avec précision le caractère de la réaction, nous avons dû procéder à l'analyse, par fractionnements, du contenu des tubes; nous y avons reconnu la présence des corps suivants : N^2, NO, N^2O, N^2O^3 et, de plus, NO^2 dans les tubes portés à la température de 300°.

D'un grand nombre d'expériences (plus de 50 tubes ont été examinés) exécutées dans des conditions variées, nous déduisons que deux réactions primaires se produisent simultanément :



(1) $$NO = \frac{1}{2}N^2 + \frac{1}{2}O^2,$$



(2) $$NO = \frac{1}{2}N^2O + \frac{1}{2}O^2$$ [2],

la seconde étant prédominante; les oxydes supérieurs N^2O^3 et NO^2 proviennent de l'action secondaire de l'oxygène sur NO non transformé. Pour des pressions initiales identiques, l'élévation de température a pour effet d'accélérer les transformations (coefficient de température pour 10° : 1,2 à 1,3) et de favoriser la réaction primaire (2) et la formation secondaire [3] de NO^2.

---

(1) Briner et Wroczynski, *Comptes rendus*, t. 149, 1909, p. 1372; *Journ. de Chim. phys.*, t. IX, 1911, p. 105; *Arch. Sc. nat.*, t. XXXII, 1911, p. 389.

(2) Le protoxyde d'azote pur est très stable à l'égard de la compression (*Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 1324). L'azote libéré résulte donc bien de la réaction (1).

(3) Pour comparer l'influence de la pression à celle de la température seule, rappelons les recherches de Berthelot (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 5e série, t. VI, 1875,

La simultanéité de ces diverses réactions explique les résultats négatifs que nous ont fournis les mesures entreprises en vue de déterminer l'ordre de la réaction par les méthodes de la cinétique chimique. A cause de la présence dans la phase liquide des divers corps sus-énumérés, la mesure de la longueur de la colonne de liquide formée ne permet d'évaluer qu'approximativement la vitesse des transformations purement chimiques. Même dans ces conditions, cette mesure fournit des indications très utiles, notamment sur le rôle très important de la pression initiale. Par exemple, à la température ordinaire, pour la pression initiale 700^{atm} environ, la colonne de liquide formée atteint $6^{cm},7$ en 40 minutes, ce qui correspond approximativement à la moitié de la limite; pour la pression initiale 50^{atm}, ce n'est qu'après plus d'un an que nous avons constaté l'existence d'une petite gouttelette bleue, indice de la réaction; d'une manière générale d'ailleurs, les longueurs des colonnes liquides formées sont toujours en rapport avec la pression initiale.

La nature des parois des tubes paraît avoir peu d'influence sur la vitesse de la décomposition de NO opérée par la compression, ainsi que le prouvent les essais comparatifs effectués dans un tube scellé en quartz. Par contre, indépendamment d'une dissolution physique de NO dans N^2O^3 (¹), il semble bien, d'après l'allure des courbes représentant la marche du phénomène en fonction du temps, que la pression de N^2O^3 exerce une influence accélératrice sur les transformations.

Pour expliquer le mécanisme de la décomposition, on pourrait être tenté d'invoquer la présence, comme corps intermédiaire, d'un polymère $(NO)^2$ dont l'existence a été présumée par Olzewski et Adwentowski (²) en d'autres circonstances; bien que nous l'ayons recherché, nous n'avons pu déceler ce

---

p. 198), qui a trouvé N^2 et N^2O dans les produits de la décomposition du gaz NO à 520°, et celle de Jellinek (*Z. anorg. Chem.*, t. XLIX, 1906, p. 229), qui attribue la décomposition de NO, à partir de 620°, à une réaction du deuxième ordre aboutissant à N^2 et O^2. La production de N^2O, par action d'une solution alcaline sur NO, signalée par Gay-Lussac, a été étudiée par Sabatier et Senderens (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 7ᵉ série, t. VII, 1896, p. 366, et par Muster (*Thèse*, Genève 1909). Suivant Emich (*Monatshefte*, t. XIII, p. 90), à 100° cette réaction donne aussi de l'azote.

(¹) D'après von Wittorf, qui a étudié les points de congélation du système $NO-NO^2$, il n'y aurait pas d'autre composé d'addition que N^2O^3 (*Z. anorg. Ch.*, t. XLI, 1904, p. 85).

(²) Olzewski, *Comptes rendus*, t. 100, 1885, p. 940. — Adwentowski, *Anzeiger Akad.*, Cracovie, 1909, p. 742.

polymère au cours de nos expériences et nous pensons, jusqu'à meilleure preuve, qu'il faut en faire abstraction.

De l'ensemble de nos recherches, nous concluons *que la compression du gaz NO agit seulement pour élever la concentration absolue et, par suite, pour accélérer la décomposition de ce corps en produits plus stables*, celle-ci n'ayant pas été observée jusqu'à présent à la pression et à la température ordinaires en raison de son extrême lenteur. Il n'est donc pas nécessaire de supposer, comme le font plusieurs auteurs, que le gaz NO soit, dans les conditions ordinaires, en état de faux équilibre.

PHOTOCHIMIE. — *Loi d'absorption photochimique élémentaire.* Note [1] de MM. **Victor Henri** et **René Wurmser**, présentée par M. Dastre.

La plus ou moins grande sensibilité aux rayons de différentes longueurs d'onde constitue une propriété caractéristique pour chaque corps; il est utile de la désigner par un nom spécial; nous proposons le terme de *susceptibilité photochimique*.

D'après la *loi de l'absorption photochimique* de Grotthus, la susceptibilité photochimique est proportionnelle à l'absorption.

Or on trouve dans la littérature un exemple classique où ce parallélisme n'existe pas; c'est celui de la chlorophylle. En effet, l'assimilation chlorophyllienne présente bien un maximum dans le rouge pour $\lambda = 6700$, qui coïncide avec la première bande d'absorption de la chlorophylle; pour les rayons bleus, au contraire, de $\lambda = 4300$, l'assimilation est deux fois plus faible que dans le rouge, tandis que l'absorption des rayons bleus par la chlorophylle est plus forte que celle des rayons rouges. La figure IV montre bien cette discordance.

Nous avons étudié cette question dans des cas très simples, dans lesquels on peut suivre la vitesse de la réaction chimique et analyser son mécanisme. Dans la présente Note nous donnons les résultats relatifs à l'action des rayons ultraviolets sur des solutions aqueuses d'acétone, d'acétate d'éthyle et l'aldéhyde acétique. Dans une Note antérieure (*Comptes rendus*, septembre 1912), nous avions déjà donné les premiers résultats relatifs à l'acétone.

---

[1] Présentée dans la séance du 13 janvier 1913.

La source de rayons ultraviolets est une étincelle condensée entre électrodes de *cadmium*.

En combinant d'une façon appropriée des écrans de verre de différentes épaisseurs, de phénylalanine, d'albumine et d'acétone, pour lesquels nous avons mesuré les coefficients de transparence relatifs à chaque raie du cadmium, nous avons pu isoler des régions assez étroites du spectre. Nous avons de plus mesuré l'intensité de chaque raie ou groupe de raies avec une pile de *Rubens* placée dans le vide.

Résultats. — 1° *Acétone* (*fig.* I). — La courbe d'absorption présente un maximum pour $\lambda = 2650$, la susceptibilité photochimique passe par un maximum pour la même région. La loi d'absorption photochimique s'applique donc dans ce cas.

2° *Acétate d'éthyle* (*fig.* II). — L'absorption croît continuellement pour des rayons ultraviolets de plus en plus courts, la susceptibilité photochimique croît également lorsque λ diminue; par conséquent, la loi d'absorption photochimique s'applique aussi à ce cas.

3° *Aldéhyde acétique* (*fig.* III). — L'absorption présente un maximum pour $\lambda = 2775$, puis diminue, passe par un minimum et augmente de plus en plus pour les rayons ultraviolets extrêmes. La susceptibilité photochimique passe par un maximum qui coïncide avec le maximum d'absorption, mais pour les rayons ultraviolets très courts la susceptibilité photochimique est très faible, tandis que l'absorption est très forte. La loi d'absorption photochimique ne s'applique donc pas à ce cas.

		1° Acétone.		2° Acétate d'éthyle.		3° Aldéhyde acétique.	
Régions spectrales.	Intensités des raies.	Absorption ε.	Susceptib. photochim. σ.	Absorption ε.	Susceptib. photochim. σ.	Absorption ε.	Susceptib. photochim. σ.
3600 à 3200	324	< 1	0,1	»	0,7	2,8	1,3
2980 à 2880	81	10	21	»	10	5.3	79
2748	113						
2572	84	12	20,8	$< 0,54$	12	3,2	4,2
2469	28						
2313	753						
2288	199	3	0,6	7	35	1,2	1,7
2265	199						
2265	199						
2195	339	0,8	0,5	27	116	9	3,8
2144	256						

On peut donner une explication de cette discordance entre les courbes

d'absorption et de susceptibilité photochimique. La mesure de l'absorption

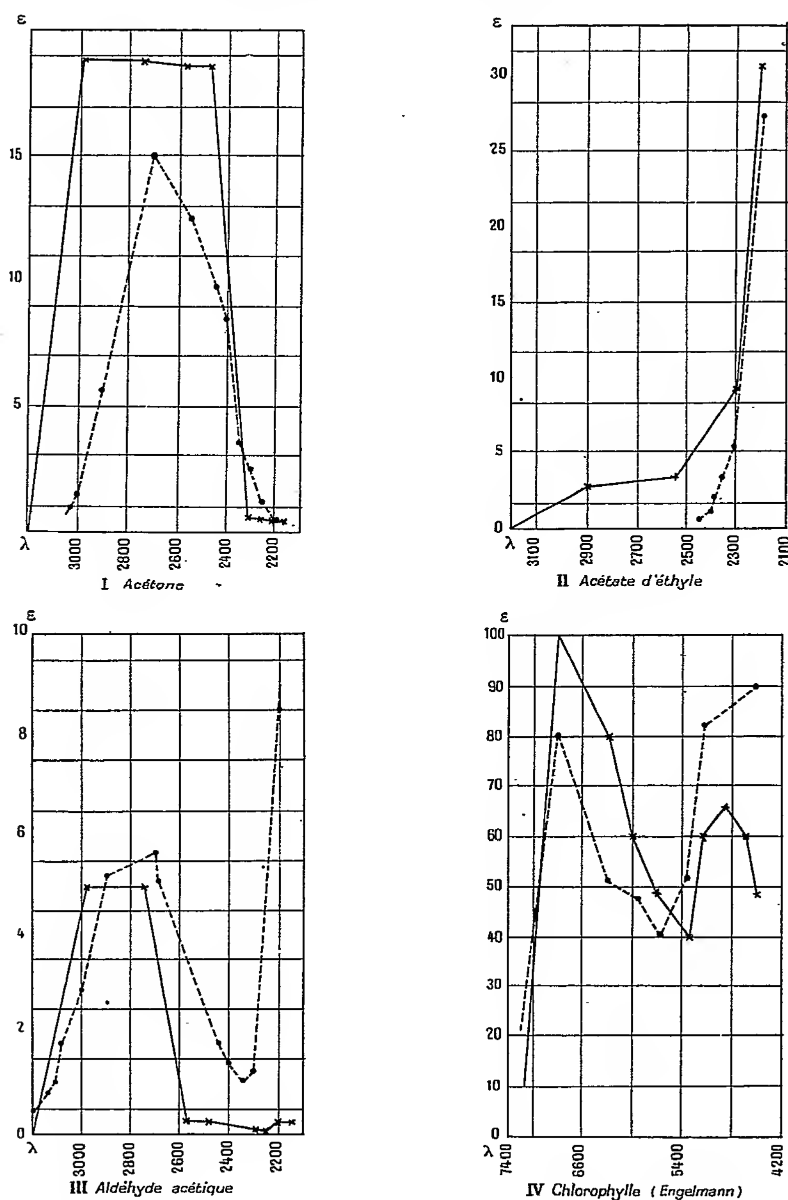


Fig. I à IV. — Coefficients d'absorption et susceptibilités photochimiques de l'acétone, de l'acétate d'éthyle, de l'aldéhyde acétique et de la chlorophylle.
•- - - - -• absorptions; •———• susceptibilités photochimiques.

des rayons ultraviolets par différents corps organiques, faite par l'un de

nous avec M. Bielecki (*Comptes rendus*, août et décembre 1912), montre que pour l'aldéhyde acétique la bande d'absorption de $\lambda = 2775$ correspond au groupement moléculaire $-C\begin{smallmatrix}\nearrow O\\ \searrow H\end{smallmatrix}$, tandis que l'absorption de l'extrême ultraviolet correspond au groupement moléculaire CH^3.

Or la réaction chimique provoquée par les rayons ultraviolets en présence d'eau se produit sur le groupement aldéhydique $-C\begin{smallmatrix}\nearrow O\\ \searrow H\end{smallmatrix}$, c'est donc seulement l'absorption due à ce groupement qui doit être importante pour la réaction photochimique. L'absorption des rayons ultraviolets extrêmes ne pourra intéresser que les réactions qui se produisent sur les groupements CH^3.

En résumé, d'une part le spectre d'absorption peut être considéré comme la somme de plusieurs « spectres d'absorption élémentaires » dus aux différents groupements moléculaires qui constituent le corps, d'autre part l'action photochimique se produit seulement sur certains de ces groupements et l'on peut énoncer la loi que *la susceptibilité photochimique d'un corps dépend seulement de la partie du spectre d'absorption qui correspond aux mêmes groupements moléculaires que ceux sur lesquels se produit la réaction*.

La loi d'absorption photochimique devrait donc être appelée *loi d'absorption photochimique élémentaire*. Il en résulte que certains rayons absorbés par un corps seront photochimiquement actifs, tandis que d'autres rayons également absorbés par lui seront seulement transformés en chaleur. De plus des rayons différents pourront produire dans le même corps des réactions chimiques différentes.

PHYSICO-CHIMIE. — *Action des rayons ultraviolets moyens et extrêmes sur l'aldéhyde éthylique : acidification, polymérisation, résinification*. Note de MM. **Daniel Berthelot** et **Henry Gaudechon**, présentée par M. E. Jungfleisch.

Quand on soumet l'aldéhyde éthylique à l'irradiation de l'ultraviolet moyen et extrême, on observe, outre la décomposition en oxyde de carbone et méthane qui a déjà lieu dans l'ultraviolet initial (*Comptes rendus*, t. 156, p. 68), diverses autres altérations : acidification, polymérisation, résinification. Les expériences suivantes sont faites sur le corps pur (bouillant à 21°) en l'absence d'air.

ACÉTIFICATION PAR OXYDATION INTERNE. — On a opéré sur des quantités d'aldéhyde comprises en général entre 30^{cm^3} et 50^{cm^3}. Des tubes de verre ou de quartz effilés par un bout ont été remplis entièrement puis fermés au chalumeau. Dans d'autres cas, on a pris soit des fioles plates de quartz, soit des ballons de quartz de 30^{cm^3} à 100^{cm^3} munis de tubes à dégagement et remplis complètement ou partiellement d'aldéhyde, puis purgés d'air par ébullition prolongée. Simultanément on exposait des tubes ou ballons témoins entourés de papier d'étain. La distance des parois des ballons ou flacons à la lampe à mercure était de 35^{mm} à 45^{mm}; on refroidissait les appareils en recouvrant la moitié non irradiée de coton hydrophile refroidi par un courant d'eau. Dans la plupart des cas, on maintenait la température vers 18°-20°, et l'on prenait comme source radiante une lampe Westinghouse de 220^{volts} en régime peu poussé (40^{volts} environ aux bornes).

L'aldéhyde initiale présentait une acidité légère, qu'on a retrouvée exactement au bout de 4 à 6 heures d'exposition, aussi bien dans les tubes témoins que dans les tubes en verre ordinaire, ne laissant passer que l'ultraviolet initial ($\lambda > 0^{\mu},3$). Par suite, dans ces conditions, *l'ultraviolet initial ne transforme pas l'aldéhyde en acide en l'absence d'oxygène*.

Au contraire, après 4 heures d'exposition en ballons de quartz, il a apparu une acidité notable correspondant à 84^{mg} d'acide acétique pour 100^{cm^3} d'aldéhyde, quand l'irradiation s'exerçait sur l'*aldéhyde liquide*, et à 260^{mg} d'acide acétique quand l'irradiation s'exerçait sur l'*aldéhyde en vapeur*. La formation d'acide acétique est accompagnée par l'apparition d'anhydride carbonique dans le gaz de photolyse qu'on recueille au fur et à mesure dans une éprouvette placée sur une cuve à mercure. Ici, comme dans le cas des sucres, la formation d'acides dans les liqueurs se reconnaît avec la même sûreté soit par les indicateurs colorés (tournesol, phtaléine), soit par l'apparition de CO^2 dans le gaz de photolyse, ces deux réactions ayant à peu près la même sensibilité.

Le liquide irradié évaporé à sec en présence d'alcali donne la réaction du cacodyle (acide acétique). Par contre, il n'y a pas réduction de l'azotate d'argent ammoniacal (absence d'acide formique). L'application de la méthode de dosage des acides volatils de Duclaux montre qu'on a de l'*acide acétique pur :*

Fractions successives.	Acidité observée.	Acide formique.	Acide acétique.	Acide propionique.
10	7,4	5,9	7,4	12,1
20	15,1	12,2	15,2	24,0
30	23,2	19,0	23,4	35,3
40	31,6	26,4	32,0	46,2
50	40,7	34,4	40,9	56,8
60	50,0	43,2	50,5	66,7
70	60,4	52,8	60,9	71,2
80	71,8	64,6	71,9	85,0
90	84,2	79,6	84,4	93,0
100	100	100	100	100

Le résultat précédent est intéressant. C'est un fait connu que l'aldéhyde *en présence d'oxygène* tend à s'oxyder spontanément, et nous avons constaté que les rayons ultraviolets favorisent cette action comme ils font pour toutes les oxydations. Mais ici *l'oxydation a lieu en l'absence d'oxygène libre;* il s'agit donc d'une *combustion interne*. Or nous avons déjà montré que, sous l'action des rayons ultraviolets, les alcools passent à l'état d'aldéhydes, et que les acides donnent de l'anhydride carbonique. La succession des stades d'oxydation (alcool, aldéhyde, acide, anhydride carbonique) tend donc à se réaliser même en l'absence d'oxygène. Ce processus général de dégradation par la lumière présente une similitude frappante avec certains phénomènes de vie anaérobie des cellules. C'est là un exemple nouveau et suggestif des analogies qui existent entre les réactions chimiques de la vie cellulaire et celles que produit la lumière.

L'oxygène nécessaire à l'oxydation étant emprunté au corps lui-même, l'acétification de l'aldéhyde doit avoir comme contre-partie un processus réducteur simultané. Celui-ci semble consister dans la formation de produits résineux de déshydratation décrits plus loin, et dans l'action de l'eau formée, pour transformer une partie de l'aldéhyde en acide et une autre partie en alcool :



$$2\,CH^3.COH + H^2O = CH^3COOH + CH^3CH^2OH.$$

Un processus analogue a été signalé par M. Berthelot dans l'action d'une température soutenue de 160° sur l'aldéhyde.

Polymérisation. — Nous avons déjà indiqué (*loc. cit.*) que dans l'ultraviolet initial ($\lambda > 0^\mu,30$), et même dans la première partie de l'ultraviolet moyen ($\lambda > 0^\mu,25$), la polymérisation de l'aldéhyde était faible et lente

(ainsi d'ailleurs que la plupart des polymérisations, éthylène, acétylène, etc., que nous avons étudiées). Au-dessous de $0^{\mu},25$, il y a polymérisation rapide et formation de *paraldéhyde* bouillant à 124°, ainsi que de *métaldéhyde* qui se dépose en cristaux, et de corps plus condensés non miscibles à l'eau. Consécutivement à la formation de ces polymères, on voit paraître dans les gaz de photolyse, à la place du méthane, des carbures condensés et notamment l'éthane.

Résinification. — Une exposition de 5 à 6 heures dans l'ultraviolet initial (ballon de verre) ne donne pas de résines. Au contraire, quand on emploie l'ultraviolet moyen et extrême (ballon de quartz), on constate, après avoir séparé par distillation les parties volatiles, que le résidu se trouble fortement par l'eau : une partie des résines reste en émulsion; l'autre partie forme sur les parois un dépôt poisseux brun rougeâtre.

Influence de l'eau. — Quand, au lieu d'aldéhyde pure, on irradie en ballon de quartz une solution aqueuse d'aldéhyde, la présence de *l'eau entrave la polymérisation et la résinification.* Au lieu de résines il apparaît des corps caramélisés solubles dans l'eau, à laquelle ils communiquent une teinte jaune et une odeur âcre, alors que le liquide témoin est incolore et inodore.

En revanche, *l'eau favorise l'acidification ;* la proportion d'acide formée est plus grande qu'avec l'aldéhyde pure ; de plus, *à côté de l'acide acétique il se produit de l'acide formique*, comme le montrent les réactions de l'azotate d'argent ammoniacal et du cacodyle, ainsi que le procédé de dosage de Duclaux, qui donne les nombres suivants :

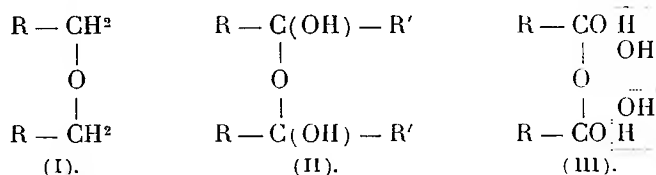
Fractions....	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Acidité......	6,7	13,8	21,4	29,4	37,9	47,4	57,4	68,8	82,3	100

ce qui correspond à un mélange à proportions presque égales d'acide acétique et d'acide formique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'acide phényl-α-oxycrotonique. Un exemple d'éther-oxyde d'hydrate de cétone.* Note de M. **J. Bougault**, présentée par M. A. Haller.

Si l'on envisage, comme on le fait souvent, les cétones (et les aldéhydes) comme des dérivés, par déshydratation, de glycols dont les 2(OH) sont

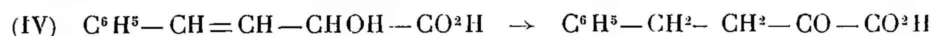
rattachés au même carbone, on peut espérer pouvoir obtenir des éthers-oxydes (II), analogues aux éthers-oxydes d'alcools (I), et qui viendront se placer régulièrement, au point de vue du développement normal des formules de constitution, entre ces derniers et les anhydrides d'acides (III), envisagés comme éthers-oxydes issus de carbérines déshydratées :

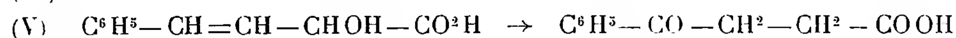


Les corps se rattachant au schéma (II) sont peu connus ou peut-être inconnus ; je n'en ai trouvé aucun exemple dans la littérature chimique.

Celui dont il va être question ici a été rencontré au cours d'une étude sur l'acide phényl-α-oxycrotonique.

A la suite du Mémoire (1), dans lequel Fittig a étudié les curieuses isomérisations de l'acide phényl-α-oxycrotonique sous l'action des alcalis, d'une part (IV), et des acides, d'autre part (V) :





le savant allemand ajoute ces quelques lignes : « Non seulement l'acide phényl-α-oxycrotonique s'isomérise facilement en acide benzylpyruvique, sous l'action des alcalis à l'ébullition, mais son amide subit plus facilement encore cette isomérisation. Il suffit, en effet, de dissoudre l'amide phényl-α-oxycrotonique dans de la soude diluée, puis de saturer immédiatement par un courant de CO^2, et l'on obtient un précipité qui est l'amide benzylpyruvique. »

Les propriétés trouvées par Fittig pour cet amide m'ayant paru anormales, j'ai repris ce travail.

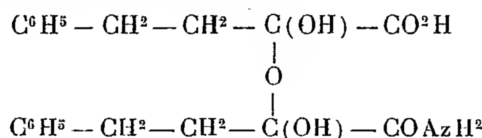
En fait, la réaction, dont Fittig n'a fait qu'effleurer l'étude, est très différente de ce qu'il avait pensé et bien plus compliquée. Le composé qu'il a isolé et présenté comme amide benzylpyruvique est un mélange, qui d'ailleurs ne contient pas trace d'amide benzylpyruvique : ce dernier corps est encore à préparer.

L'action des alcalis ou des carbonates alcalins, effectuée soit à chaud soit

(1) *Lieb. Ann.*, t. CCXCIX, 1898, p. 28.

à froid, sur l'amide phényl-α-oxycrotonique, m'a fourni huit composés définis, dont six sont nouveaux; j'en ai déjà signalé quelques-uns [1].

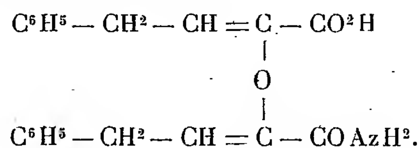
Dans cette Note, il ne sera question que d'un seul d'entre eux, de formule $C^{20}H^{23}AzO^6$, auquel j'ai donné la constitution suivante, renfermant la fonction *éther-oxyde d'hydrate de cétone* :



C'est, comme on le voit, le semi-amide d'un acide bibasique résultant de la soudure, par 1^{mol} d'eau, de 2^{mol} d'acide benzylpyruvique.

Ce composé intéressant se prépare par action ménagée de la lessive de soude diluée sur l'amide phényl-α-oxycrotonique. Après quelques jours de contact, il se précipite à l'état de sel de sodium.

L'acide-amide, libéré de son sel de sodium, est insoluble dans l'eau, le benzène, le chloroforme, peu soluble dans l'éther, soluble dans l'alcool et surtout dans l'acétone. Il n'a pas de point de fusion fixe, car il se déshydrate lentement sous l'action de la chaleur en donnant un autre acide-amide, différent du premier par $2H^2O$, ayant par suite la composition $C^{20}H^{19}AzO^4$ et sans doute la constitution suivante :



Une réaction très importante de l'acide-amide $C^{20}H^{23}AzO^6$ est celle qu'il donne sous l'action des alcalis et même des carbonates alcalins : il se dédouble *quantitativement* en 1^{mol} d'ammoniaque et 2^{mol} d'acide benzylpyruvique. Ceci prouve que tous les C du composé en question sont engagés dans des molécules d'acide benzylpyruvique et limite ainsi le choix des formules de constitution.

En joignant, à cette réaction capitale, la nécessité de satisfaire à la composition $C^{20}H^{23}AzO^6$, l'existence d'une fonction acide fort (déplaçant l'acide acétique), et d'une fonction amide, on voit que la constitution adoptée paraît bien justifiée.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 477; et *Journ. de Pharm. et Chim.*, 7e série, t. VI, 1912, p. 337.

Je ferai remarquer dès aujourd'hui que la résistance relative à la saponification de la fonction éther-oxyde dans le corps dont il est question, s'accorde bien avec la place occupée normalement par cette fonction entre les éthers-oxydes d'alcool et les anhydrides d'acides.

En effet, d'une part, tandis que les anhydrides d'acides s'hydratent facilement, à l'ébullition, par l'eau, l'acide acétique dilué, ou mieux encore par les solutions d'acétate de soude, lorsqu'ils sont solubles dans ces milieux, la fonction éther-oxyde du composé $C^{20}H^{23}AzO^{6}$ résiste à l'hydratation dans ces conditions. D'autre part, on a vu plus haut que les solutions alcalines, même faibles, provoquent rapidement cette hydratation, tandis qu'elles n'ont aucune influence sur la fonction éther-oxyde d'alcool.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'acide aldéhyde succinique.* Note de MM. **E.-E. Blaise** et **E. Carrière**, présentée par M. Haller.

La Note que M. Carrière a publiée aux *Comptes rendus* sur l'acide aldéhyde succinique (*Comptes rendus*, t. 154, p. 1173) a été l'objet d'une critique de M. Harries (*Berichte*, t. XLV, p. 2583 à 2585).

Le point le plus important de cette critique porte sur le degré de polymérisation du polymère de l'acide aldéhyde succinique; M. Harries maintient que le polymère est un dimère fondant à 147° (point également donné par M. von Ungern Sternberg, *Inaugural Dissertation*, Königsberg, 1904) alors que M. Carrière a obtenu un trimère fondant à 167°. Nous avons, en conséquence, demandé à M. Harries de procéder à un échange de produits.

Nous avons identifié le produit reçu avec celui que M. Carrière a obtenu par condensation de 2^{mol} d'acide aldéhyde succinique en élimination de 1^{mol} d'eau. Les deux corps ont même point de fusion 146° et leur mélange fond au même point; l'analyse montre la même composition centésimale tandis que la différence entre les pour 100 en carbone de ce corps et de l'acide aldéhyde succinique est de 4,6.

M. Harries a reconnu l'exactitude de notre conclusion, en indiquant en même temps qu'il y avait une erreur dans son envoi. Or nous devons faire remarquer que ce produit de condensation a été mentionné pour la première fois dans la Note de M. Carrière; de plus, dans une précédente lettre, M. Harries nous faisait connaître qu'il avait procédé à cinq cristallisations successives pour faire remonter le point de fusion du corps envoyé jusqu'à 145°; l'erreur est donc difficilement explicable.

M. Harries nous a alors envoyé un deuxième échantillon, que nous avons reconnu être identique au polymère obtenu par M. Carrière : les deux corps fondent au même point 167°, leur mélange fond aussi à 167°. M. Harries a trouvé comme point de fusion de ce corps 148°-149°. La différence tient à ce que nous opérons par chauffage très rapide sur bain de mercure, ainsi qu'il convient pour un corps qui se dépolymérise par action de la chaleur, tandis que M. Harries détermine le point de fusion par chauffage en tube capillaire dans un bain liquide ; dans ces dernières conditions nous sommes arrivés, d'ailleurs, à faire fondre le corps au-dessous de 148°.

L'identité du deuxième échantillon avec le polymère obtenu par M. Carrière, constatée par les points de fusion, est confirmée par la détermination du poids moléculaire. La cryoscopie du polymère reçu, pratiquée dans l'acide acétique pur, donne comme poids moléculaire 309. Calculé pour $(C^4H^6O^3)^3 = 306$. Deux autres déterminations sur le polymère que nous avons préparé nous-mêmes, ont donné 305,5 et 313. On sait d'ailleurs que, d'une façon générale, les corps aldéhydiques se polymérisent avec production de trimères lorsque le polymère redonne le monomère par chauffage.

D'après les résultats précédents, si la cryoscopie a été faite par M. Harries sur le corps du premier échantillon, le poids moléculaire fourni est acceptable, puisque le corps résulte de la condensation de 2^{mol} d'acide aldéhyde succinique avec élimination de 1^{mol} d'eau, mais l'analyse et la conclusion sont fausses; si, d'autre part, la cryoscopie a été faite sur le corps du deuxième échantillon, le résultat trouvé est inexact. Voici quelle en est probablement la cause.

Alors que la solubilité du polymère dans l'acide acétique permet l'emploi de solutions assez concentrées pour avoir des abaissements du point de congélation d'environ 0°,50 ainsi que nous les avons obtenus, M. Harries prend des concentrations tellement faibles qu'il n'a que des abaissements de l'ordre de 0°,15. D'après les données publiées par M. Harries (Harries et Himmelmann, *Berichte*, t. XLII, p. 166, et Harries, *Berichte*, t. XLV, p. 2585), on trouve que la différence théorique calculée entre la dépression du point de congélation fournie par le soi-disant dimère et celle donnée par le trimère est, en moyenne, de 0°,05, en faisant toutefois abstraction de deux déterminations pour lesquelles l'abaissement constaté n'est que 0°,065 et 0°,072. La détermination des poids moléculaires dans de telles conditions d'emploi de la méthode cryoscopique n'est pas précise.

En ce qui concerne les critiques de M. Harries, relatives aux points de

fusion de la semicarbazone et de la paranitrophénylhydrazone de l'acide aldéhyde succinique, nous ferons remarquer que les différences peuvent provenir, d'une part, du procédé de détermination de ces points de fusion, et, d'autre part, d'une pureté différente des produits. L'acide aldéhyde succinique, obtenu par M. Carrière en quantité plus notable, est certainement plus pur, car il a fourni une oxime F = 102-103, non obtenue à l'état cristallisé par MM. Harries et Alefeld (*Berichte*, t. XLII, p. 164), les analyses ont fourni également de meilleurs résultats. (Voir Harries et Alefeld, *Berichte*, t. XLII, p. 165.)

En résumé, M. Carrière n'a rien à changer à la Note déjà publiée, et il maintient, en particulier, que le polymère de l'acide aldéhyde succinique est un trimère fondant à 167°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les dérivés nitrés des oxydes d'orthocrésyle et d'orthocrésylène.* Note de M. A. **Mailhe**, présentée par M. Ch. Moureu.

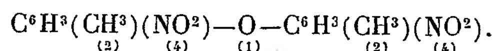
Les oxydes d'orthocrésyle et d'orthocrésylène se préparent facilement par la méthode Sabatier et Mailhe, lorsqu'on fait passer les vapeurs d'orthocrésol sur de la thorine chauffée à 400°-430°. L'oxyde d'orthocrésylène se forme le plus aisément, et il prédomine toujours dans la réaction. On peut séparer les deux produits par distillation fractionnée; l'oxyde d'orthocrésyle bout à 274°, l'oxyde d'orthocrésylène bout à 305°.

On ne connaît, jusqu'à présent, aucun dérivé nitré de ces deux oxydes, et je me suis proposé de les préparer.

1° *Oxyde d'orthocrésyle.* — Lorsqu'on effectue la nitration à chaud de l'oxyde d'orthocrésyle, en milieu acétique, on obtient un liquide visqueux. Si l'on distille ce dernier sous pression réduite, on sépare l'oxyde non nitré, et le liquide jaune qui passe vers 180° sous 60mm se prend par refroidissement en une masse cristalline. Reprise par l'éther, elle abandonne des aiguilles jaunes fondant à 125°. C'est l'*oxyde d'orthocrésyle mononitré* $C^6H^4(CH^3) \underset{(1)}{—O—} C^6H^3 \underset{(2)}{(CH^3)} \underset{(4)}{(NO^2)}$. Réduit par le fer et l'acide acétique, il se transforme dans l'*oxyde d'orthocrésylamine*, fondant à 98°.

Lorsqu'on introduit peu à peu l'oxyde d'orthocrésyle dans l'acide nitrique fumant, en ayant soin de refroidir, on obtient, en versant la masse dans l'eau, un produit visqueux brun. Traité par l'éther, il abandonne une poudre qui fond mal. Mais, en soumettant cette poudre à l'action de l'alcool bouillant, on en sépare une dissolution qui contient une petite quantité de dérivés mononitré et dinitré, et il reste une

poudre blanche, fondant à 270°. C'est l'*oxyde d'orthocrésyle dinitré*

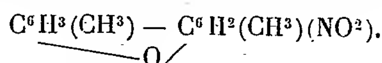


$$C^6H^3\underset{(2)}{(CH^3)}\underset{(4)}{(NO^2)}-\underset{(1)}{O}-C^6H^3\underset{(2)}{(CH^3)}\underset{(4)}{(NO^2)}.$$

La nitration, effectuée en passant par l'intermédiaire des acides sulfo-conjugués, fournit une certaine quantité de ce dérivé dinitré.

Ce composé a été soumis à une nitration prolongée à chaud, à l'aide d'acide azotique fumant et d'une petite quantité de mélange sulfonitrique. On arrive finalement, avec assez de difficultés, à une poudre fondant à 115°, constituée par l'*oxyde d'orthocrésyle tétranitré* $C^6H^2\underset{(2)}{(CH^3)}\underset{(2'4)}{(NO^2)^2}.\underset{(1)}{O}.C^6H^2\underset{(2)}{(CH^3)}\underset{(2'4)}{(NO^2)^2}$. Cette poudre contient un peu de dérivés nitrés inférieurs, qu'on enlève par des lavages à l'alcool chaud.

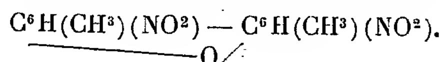
2° *Oxyde d'orthocrésylène*. On ne sait rien sur la constitution des oxydes de crésylène, et l'on n'a aucune donnée sur la place où se fait l'attache des deux noyaux. Dissous dans l'acide acétique cristallisable, l'oxyde d'orthocrésylène se nitre très facilement à chaud. Le produit de la nitration, versé dans de l'eau, y abandonne des aiguilles blanches, fondant à 108°-109°. C'est l'*oxyde d'orthocrésylène mononitré*



$$C^6H^3(CH^3)-C^6H^2(CH^3)(NO^2).$$
$$\quad O$$

De tous les oxydes de crésyle, de crésylène et de phényle, c'est le dérivé mononitré de l'oxyde d'orthocrésylène qui se fait avec la plus grande facilité. Réduit par le fer et l'acide acétique, il se change en l'amine $C^6H^3(CH^3)-C^6H^2(CH^3)(NH^2)$ (pont O) qui forme des aiguilles blanches fondant à 92°, et dont la dissolution alcoolique se colore en rouge par le chlorure de chaux.

La nitration directe de l'oxyde d'orthocrésylène, effectuée à chaud avec l'acide azotique fumant, fournit un composé visqueux. Repris par l'alcool bouillant, il ne cristallise pas par refroidissement, et sa viscosité se maintient. Mais, par traitement à la benzine bouillante, le produit se dissout presque totalement et, par refroidissement, il se dépose des aiguilles jaunes, fondant à 170°. C'est l'*oxyde d'orthocrésylène dinitré*



$$C^6H(CH^3)(NO^2)-C^6H(CH^3)(NO^2).$$
$$\quad O$$

En poussant la nitration de la masse visqueuse précédente, à l'aide d'acide nitrique fumant et à chaud, on obtient une poudre blanche fondant à 210°. C'est l'*oxyde d'orthocrésylène tétranitré* $C^6H^2(CH^3)(NO^2)^2-C^6H^2(CH^3(NO^2)^2$ (pont O).

Étant donnée la facilité avec laquelle on obtient ce dérivé, et au contraire la difficulté que l'on a à dépasser le dérivé dinitré avec l'oxyde de paracrésylène, on peut penser que dans ce dernier il n'y a qu'une position ortho libre, facilement substituable dans chaque noyau, et que l'attache des deux noyaux se fait dans la seconde position ortho, la place para étant occupée

par le résidu méthyl. Dans l'orthocrésylène, la formation du dérivé tétranitré est très aisée, ce que l'on peut expliquer en supposant que la position para et la deuxième position ortho sont libres. Il en résulterait que l'attache des noyaux se ferait en méta. C'est là une hypothèse à vérifier par une autre voie.

BOTANIQUE. — *Sur la chlorose infectieuse des* Citrus. Note de M. **Trabut**, présentée par M. Guignard.

Il arrive dans les orangeries que certains sujets se montrent atteints d'une chlorose grave qui, augmentant d'intensité pendant deux ou trois ans, amène le dépérissement et la mort du sujet.

Cette chlorose présente des caractères très particuliers, qui permettent de la différencier de la chlorose banale due généralement à une intoxication par les sels du sol.

Son caractère principal réside dans sa transmission très évidente par la greffe ; c'est pour cela que je propose la dénomination de *chlorose infectieuse*.

Depuis une douzaine d'années, j'observe ce mal, et j'ai constaté que tous les greffons pris sur un sujet contaminé ne produisent que des arbres chlorosés dès la deuxième année. Ces sujets dépérissent plus ou moins rapidement et finalement meurent.

Le porte-greffe est lui-même contaminé et dépérit par le même mal, quand il a été amputé de la partie greffée. Si l'on regreffe ce sujet contaminé la maladie passe au nouveau greffon.

J'ai surtout observé la *chlorose infectieuse* sur deux variétés : Un Oranger Washington Navel, provenant d'Angleterre où il avait été cultivé en serre, et un Oranger Siletta, venu d'Australie à l'état de greffon. Mais cette maladie peut se montrer sur les autres *Citrus* cultivés.

Les greffes infectées poussent vigoureusement la première année; dès la seconde année, on observe une floraison extraordinairement abondante suivie d'une carpomanie très accusée. C'est à ce moment que l'on note les premiers symptômes de dépérissement ; les feuilles jaunissent, mais d'une manière très spéciale ; la décoloration se manifeste le long de la nervure principale sur une largeur de 3^{mm} à 5^{mm} de chaque côté, puis elle suit les nervures latérales. La feuille prend alors un aspect particulier; la destruction de la chlorophylle se continue et bientôt toute la feuille est décolorée.

Cette chlorose inoculable ne paraît pas avoir été décrite en Amérique, où les maladies des *Citrus* font l'objet de recherches sérieuses de la part des

spécialistes de la pathologie végétale; mais elle présente assez d'analogie avec la *chlorose infectieuse des Malvacées* de V. Baur. (*Kön. Preuss. Akad. Wiss.* 1906) qui, à la vérité, n'est qu'une panachure inoculable.

Dans la pratique, il est facile de se préserver de cette maladie, *qui n'est transmissible que par le greffage;* de très nombreuses expériences ne me laissent aucun doute à ce sujet.

Il reste à déterminer la nature du contage. J'ai vainement cherché une Bactériacée dans le liber et dans les cellules en voie de décoloration.

On peut pour le moment admettre l'hypothèse de Baur; la maladie résulterait d'une phytotoxine sécrétée par un organisme qui échappe aux investigations par le microscope, mais qui se dénote par les suites de l'inoculation.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *La vaccination préventive contre la fièvre typhoïde dans les équipages de la flotte.* Note de M. **Chantemesse**, présentée par M. Roux.

La fièvre typhoïde a provoqué en France, en Algérie, en Tunisie, au Tonkin, etc., de si nombreux désastres qu'il est superflu d'insister sur sa nocivité, et le martyrologe est innombrable des existences jeunes et vigoureuses fauchées, entre la quinzième et la trentième année, par cette grande maladie.

Depuis 25 ans, on a organisé la lutte contre elle par l'épuration de l'eau potable; mais il n'est pas possible d'avoir toujours et partout de l'eau pure et le problème prophylactique ne tient pas tout entier dans cette étiologie. Dès l'aurore de la bactériologie, on s'efforça de trouver le vaccin de la fièvre typhoïde. En 1887, des savants allemands, Frankel et Simmonds, Beumer et Peiper, montraient qu'en injectant à des animaux de petites doses de bacilles typhiques vivants et virulents, on augmentait leur résistance contre le virus de la fièvre typhoïde. Cette immunisation avec des microbes vivants et non atténués était trop dangereuse pour pouvoir s'étendre à l'homme.

A cette même époque, et pour la première fois (*Annales de l'Institut Pasteur*, 1887, 1888, 1892), je faisais connaître avec M. Widal un vaccin de l'infection typhique qui était efficace, qui était inoffensif, qui ne contenait rien de vivant susceptible de se développer dans le corps de l'homme et qui, à l'aide de trois ou quatre injections de substance stérile, donnait aux animaux

l'immunité contre le virus de la fièvre typhoïde dans l'immense majorité des cas, sinon dans tous. Ce vaccin formé de bacilles typhiques stérilisés par chauffage était celui qui allait être appliqué à l'homme et lui conférer l'immunité exactement comme il le faisait aux animaux.

Ce vaccin fut appliqué à l'homme en 1896, d'abord à l'étranger, et en 1899 je vaccinai moi-même par cette méthode les élèves de mon service d'hôpital. Le vaccin chauffé s'étendit peu à peu dans le monde à mesure que ses bienfaits faisaient leurs preuves. En Afrique, en Asie, aux Indes et dans les possessions anglaises, aux États-Unis, au Japon, plusieurs centaines de mille hommes subissaient les injections vaccinales et se montraient protégés contre les dangers de la maladie.

Au bout d'une année de vaccinations pratiquées chez les soldats, avec du vaccin chauffé, le Gouvernement des États-Unis rendait obligatoire, dans ses armées, ce mode de prophylaxie.

En 1903, le savant allemand Wassermann préconisa le vaccin bacillaire polyvalent et les autolysats, méthode reprise en France plus récemment.

En 1909, m'appuyant sur nos expériences de 1887, sur les résultats des vaccinations antityphoïdes que j'avais pratiquées sur mes élèves et que j'avais suivis pendant 10 ans, et sur les renseignements venus de l'étranger, je demandai à l'Académie de Médecine de nommer une Commission pour étudier cette méthode antityphoïde.

Après l'avis favorable de l'Académie, le Ministre de la Guerre, M. Messimy, me chargea, l'an dernier, d'installer avec un médecin principal de l'armée cette vaccination parmi les troupes des confins algéro-marocains. Au Maroc, aucun des vaccinés ne fut atteint malgré l'épidémie persistante. En 1912, j'ai pratiqué beaucoup de vaccinations dans les services hospitaliers, livré beaucoup de vaccin chauffé à la marine, à l'armée, à la population civile, et le maire de Nantes a créé un service municipal de vaccination antityphoïde. Je ne parlerai pas des inconvénients produits par cette méthode, soit locaux, soit généraux, pour la raison qu'ils n'ont pas existé ou qu'ils ont existé très faiblement. En voici la raison : Je suis resté fidèle au mode de préparation du vaccin stérilisé par chauffage et conservé, de plus, dans une émulsion crésolée qui met à l'abri d'une impureté accidentelle. Les résultats de ces vaccinations ont été on ne peut plus favorables. Voici un exemple frappant de leur efficacité :

A partir du 5 avril 1912, le Ministre de la Marine, M. Delcassé, a autorisé la vaccination facultative des équipages de la flotte et des ouvriers des ports avec le vaccin que je livrais.

Quelle est la conséquence de cette mesure depuis 8 mois? Le médecin général, chef du Service de santé de la Marine, vient, avec l'autorisation du Ministre, de me faire connaître les résultats des vaccinations pratiquées à

Cherbourg, Brest, Toulon, dans les Écoles de la Méditerranée et de l'Océan, dans les équipages des trois grandes escadres et des deux escadres légères, à Diego-Suarez, Alger, Oran, Bizerte, etc.

La majeure partie de cette population marine, soit 67845 personnes, n'a pas eu recours à la vaccination antityphoïde et a subi, du 5 avril à fin décembre 1912, 542 cas de fièvre typhoïde et 118 cas d'embarras gastrique fébrile.

Par contre, 3107 personnes, qui n'avaient jamais eu la typhoïde, se sont fait vacciner. Résultat : les vaccinés qui faisaient partie des mêmes équipages que les non vaccinés, qui habitaient les mêmes régions, qui subissaient les mêmes conditions de travail, de fatigues, de plaisirs et de contamination, qui, en un mot, avaient tout commun avec leurs camarades, sauf le bénéfice de la vaccination, ont été protégés contre la fièvre typhoïde d'une manière saisissante. Une fois la vaccination terminée, tandis que les non vaccinés étaient frappés par la typhoïde dans la proportion d'environ 1 pour 100 de leur effectif, eux, les vaccinés, n'ont pas présenté un seul cas de fièvre typhoïde. Parmi eux, un homme seulement fut atteint d'embarras gastrique fébrile, qui, naturellement, a guéri.

Ces faits, si démonstratifs, comportent ce degré d'impartialité qu'ils n'ont pas été recueillis par moi. Je les communique tels qu'ils ont été portés à ma connaissance par l'autorité sanitaire navale.

Au Congrès de Washington, en septembre dernier, le major Russel, qui prépare pour l'armée américaine le vaccin par la méthode de chauffage du bacille typhique, inaugurée par nous il y a 25 ans, déclarait que depuis l'emploi du vaccin la fièvre typhoïde avait pratiquement disparu de l'armée navale des États-Unis. Les faits observés dans la marine française permettent de considérer que les affirmations du savant américain ne dépassent pas les limites de la vérité. Les renseignements concordants, venus de tous les pays du monde, légitiment l'espérance que notre siècle verra la fièvre typhoïde disparaître peu à peu des pays civilisés, grâce à la vaccination, comme le XIXe siècle a vu disparaître la variole.

MÉDECINE. — *Vaccination antituberculeuse chez le cobaye.* Note de M. **Rappin**, présentée par M. A. Laveran.

Dans la Communication que j'ai présentée à l'Académie des Sciences au mois de novembre de l'année 1911, j'exprimais l'espoir qu'il serait pos-

sible, d'après mes premières observations, de constituer de véritables virus vaccins contre la tuberculose, au moyen de bacilles tuberculeux modifiés par l'action du sérum spécifique préparé suivant la méthode que j'ai exposée. Aujourd'hui, je puis dire que cet espoir s'est réalisé, et j'ai l'honneur de résumer ici les résultats des expériences que je poursuis depuis 2 ans de ce côté :

Je crois devoir d'abord indiquer que dans ces expériences il ne s'est pas agi seulement d'une simple sensibilisation des bacilles tuberculeux, mais bien de bacilles modifiés, le plus souvent, profondément par l'action du sérum que j'utilise. Ce sérum possède en effet, en particulier, au point de vue bactériolytique, des propriétés très intenses, sous l'influence desquelles le bacille perd peu à peu ses réactions colorantes et tend même en quelque sorte à se dissoudre; ce sont ces bacilles ainsi modifiés que j'ai utilisés le plus souvent comme virus vaccins.

Après avoir inoculé, à des dates différentes, un certain nombre de cobayes avec des doses variables de ces bacilles, j'ai soumis ces animaux, plus ou moins longtemps après cette injection vaccinale, à l'inoculation virulente, en même temps que des animaux témoins. J'ai pu suivre ainsi, depuis la fin de l'année 1910, les effets de ces vaccinations, et je résume ici brièvement ces observations, me réservant de les publier prochainement avec les détails qu'elles comportent :

Alors que les animaux témoins ont tous succombé dans des délais variables et en présentant les lésions classiques de la tuberculose expérimentale, les cobayes vaccinés, non seulement ont résisté à l'inoculation virulente, mais ceux que j'ai sacrifiés, même longtemps après le début de l'expérience, se sont montrés indemnes de toute lésion pouvant faire penser à l'évolution d'une infection tuberculeuse. L'inoculation, au cobaye, du suc de divers organes de l'un d'entre eux, est également demeurée négative à ce point de vue. Chez les cobayes vaccinés, l'inoculation tuberculeuse demeure vaine et ne détermine qu'une réaction purement locale, caractérisée soit par un simple épaississement du tissu cellulaire sous-cutané au point inoculé, soit par la production d'un ganglion, qui ne s'abcède pas, régresse peu à peu, et qu'on peut à peine retrouver plus tard à l'autopsie. En dehors des animaux que j'ai sacrifiés, et chez lesquels j'ai pu établir ces constatations, je conserve encore deux cobayes ainsi vaccinés et inoculés de tuberculose, l'un au mois de juillet et l'autre au mois d'août 1911, c'est-à-dire il y a 18 et 19 mois, dont les témoins sont morts pour l'un en particulier, très rapidement, et qui demeurent en parfait état de santé.

Si l'on considère avec quelle sensibilité le cobaye réagit à l'infection

tuberculeuse expérimentale, puisque cet animal constitue pour cette infection le réactif le plus sûr, on ne peut s'empêcher de regarder ces résultats comme possédant une extrême importance, et l'on est en droit de conclure que cette méthode de vaccination ne pourra que se montrer, *à fortiori*, plus efficace, sur des espèces animales relativement plus résistantes : c'est dans ce sens que je dirige maintenant mes expériences sur des Bovidés.

Ces observations permettent en outre de concevoir la possibilité de réaliser enfin une formule de vaccination bientôt applicable à l'homme.

MÉDECINE. — *Sur l'anesthésie par les voies digestives.* Note de M. **Raphaël Dubois**, présentée par M. Léon Labbé.

Des recherches récentes de MM. Bassal et Uteau sur l'*absorption des gaz au niveau de l'estomac* (¹) ont appelé mon attention sur un travail de MM. V. Dupont et Gautrelet publié dans les *Comptes rendus* (²) et intitulé : *De l'anesthésie générale par voie rectale à l'aide des mélanges titrés d'air et de chloroforme ou de vapeurs de chlorure d'éthyle.*

Après avoir dit que la pensée de substituer la voie rectale à la voie pulmonaire pour l'absorption des anesthésiques n'est pas nouvelle, ces auteurs ajoutent : « Nous ne citerons que pour mémoire le nom de Dubois qui injecte dans le rectum une solution huileuse de chloroforme. »

Je crois utile de signaler des recherches que j'ai faites autrefois, non seulement, comme paraissent le croire MM. V. Dupont et Gautrelet, sur les solutions huileuses de chloroforme introduites dans l'intestin, mais encore sur l'administration par voie rectale de mélanges de chloroforme et d'air, dont ils ne paraissent pas avoir eu connaissance (³).

En conséquence, je considère que mes conclusions sur l'anesthésie rectale par les mélanges titrés d'air et de chloroforme sur le chien, répétées par MM. Dupont et Gautrelet sur le lapin, doivent être maintenues, et qu'à l'heure actuelle on ne peut que répéter ce que j'ai écrit, à ce sujet, en

(¹) *Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. LXXII, 20 décembre 1912, p. 625.

(²) *Comptes rendus*, 11 mars 1912.

(³) R. Dubois, *Pour servir à l'histoire de l'anesthésie rectale* (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, p. 303-305). — MM. Dupont et Gautrelet ont opéré comme moi, mais au lieu de se servir du chien, qui était l'animal indiqué, ils se sont adressés au lapin, qui est un mauvais sujet d'expérimentation quand il s'agit d'étudier l'anesthésie chirurgicale.

1884 : « Les voies respiratoires restent donc le lieu d'élection pour l'introduction des vapeurs anesthésiques dans l'économie; les progrès réalisés par l'application de la méthode des mélanges titrés de Paul Bert ayant d'ailleurs fait disparaître, complètement, les inconvénients que présente l'inhalation pulmonaire de mélanges variables de composition indéterminée. »

Les recherches de MM. Bassal et Uteau viennent d'apporter une nouvelle confirmation de l'exactitude de nos conclusions en matière d'anesthésie par les voies digestives.

J'ai voulu cependant chercher si l'on ne pouvait pas perfectionner l'anesthésie rectale par le chloroforme en se servant, au lieu d'un mélange des vapeurs de ce dernier et d'air, d'acide carbonique saturé de chloroforme : le résultat a été négatif.

Les mélanges titrés de chloroforme et d'air ont jusqu'à présent donné satisfaction complète à ceux qui les ont employés, d'après la méthode indiquée par Paul Bert. La machine à anesthésier (1) que j'ai fait construire, quand j'étais préparateur de Paul Bert à la Sorbonne, est le seul appareil donnant des mélanges titrés rigoureusement. Son titrage a été contrôlé par le professeur Waller de Londres.

Elle offre le grand avantage de pouvoir injecter le mélange anesthésique dans les voies respiratoires, dans des conditions où l'emploi de la compresse ou du masque est impossible. C'est ainsi que M. le professeur Labbé a pu réussir, *avec anesthésie complète*, ses mémorables opérations de résection du larynx.

CONCLUSIONS. — *L'anesthésie par voie rectale à l'aide de chloroforme doit être rejetée. Après plus de vingt années d'expérience, la méthode de Paul Bert par les mélanges titrés est la plus sûre, la plus régulière, et la machine à anesthésier du professeur R. Dubois pour les fabriquer et les administrer permet de pratiquer des opérations qu'on ne pourrait pas tenter sans elle, avec le secours de l'anesthésie.*

---

(1) Mathieu, constructeur, Paris.

PHYSIOLOGIE. — *Mesure de l'excitabilité réflexe de la moelle épinière; ses variations sous l'influence d'injections de solutions de chlorure de calcium.* Note de M. **Pézard**, présentée par M. Edmond Perrier.

I. Dans l'intention de rechercher l'action, sur l'excitabilité réflexe de la moelle épinière, de quelques facteurs chimiques et physiologiques, nous nous sommes tout d'abord préoccupé de vérifier le procédé institué par M. Lapicque pour déterminer cette excitabilité et de contrôler les résultats et les lois qu'il a publiés ([1]).

Principe. — Au lieu d'employer, comme excitant, des décharges de bobines d'induction, on se sert de décharges rythmées de condensateurs chargés à un potentiel connu. Ce procédé offre l'avantage d'opérer avec des charges déterminées : on peut facilement, partant des capacités et de la résistance du circuit, déterminer le temps de passage de chaque décharge.

Nos expériences ont porté sur la grenouille (*Rana esculenta*). Nous faisons passer, dans le bout central du nerf sciatique (mis à nu et ligaturé côté périphérique), une série d'excitations rythmées jusqu'à obtenir la flexion de la patte symétrique. Comme source d'électricité, nous nous servons d'une batterie d'accumulateurs mise périodiquement en communication avec les condensateurs par l'intermédiaire d'un réducteur de potentiel; le circuit est ouvert et fermé, à intervalles réguliers, grâce à une roue à goupilles de Marey. Des résistances R et R' sont introduites sur le circuit : la charge se fait à travers R; tandis que la décharge se fait à travers R + R'. Dans nos expériences, $R = 7000^{\omega}$, $R + R' = 10000^{\omega}$.

La question comporte quatre variables indépendantes : 1° le nombre des excitations nécessaire pour obtenir le seuil; 2° la durée t de chacune d'elles; 3° la fréquence, c'est-à-dire le nombre des excitations par seconde (inverse de la période); 4° l'intensité de chaque excitation.

En maintenant constantes deux d'entre elles, on fait varier les deux autres de façon à obtenir le réflexe (flexion lente sans extension préalable) : on aboutit à une loi qui peut se traduire graphiquement par une courbe et algébriquement par une formule approchée.

Nous avons été conduit aux mêmes lois que M. Lapicque :

([1]) L. et M. Lapicque, *Mesure analytique de l'excitabilité réflexe* (*C. R. Soc. Biologie*. 1er juin 1912).

a. Loi du nombre. — Pour les petits nombres d'excitation (5, 10, 15), le voltage liminaire diminue quand le nombre augmente; toutefois il tend vers une limite (vers 20 excitations) à partir de laquelle l'influence du nombre disparaît, on se trouve alors dans une région dénommée par M. Lapicque, *région des nombres indifférents :* c'est dans cette région que nous nous plaçons dans le contrôle des lois suivantes.

b. Loi des temps. — On calcule facilement la durée des ondes d'excitation, connaissant les capacités employées auxquelles elle est proportionnelle (la résistance du circuit étant constante). Si l'on augmente la capacité, le rythme étant constant, le voltage liminaire diminue; il tend vers une limite, et la relation est exprimée par une courbe semblable à celle qu'on trouve dans l'étude de l'excitabilité des nerfs moteurs.

c. Loi du rythme. — Si l'on augmente la fréquence, la capacité étant supposée constante, le voltage liminaire diminue également. Il tend aussi vers une limite inférieure qui est certainement atteinte pour des fréquences de 10 à 20 par seconde.

M. Lapicque a montré que la courbe de la loi du rythme est modifiée lorsqu'on modifie la température de la moelle; elle peut donc servir à définir l'excitabilité médullaire.

II. De ces résultats il ressort nettement qu'on ne peut se contenter d'un simple seuil d'excitation lorsqu'on veut déterminer l'excitabilité réflexe de la moelle. Il faudrait déterminer, tout entière, la courbe qui représente le voltage liminaire en fonction de la fréquence, la capacité étant constante, et les nombres d'excitations indifférents. A vrai dire, cette courbe peut être grossièrement représentée par une expression de la forme

$$V = B\left(1 + \frac{\eta}{N}\right),$$

semblable à celle qui a été adoptée par M. Lapicque pour les nerfs moteurs, V représentant un voltage rhéobasique, B le voltage liminaire pour rythmes indifférents, N la fréquence correspondante, η une constante de fréquence qui serait ici l'homologue de la chronaxie. On peut même simplement déterminer deux points de la courbe convenablement choisis, l'un étant pris au voisinage du rythme à partir duquel le voltage ne diminue plus, l'autre dans la région des rythmes lents. Nous nous sommes bien trouvé, en employant les fréquences de 18 et 3,3 par seconde, le passage de l'une à

l'autre étant obtenu simplement en changeant la vitesse de notre cylindre enregistreur de Marey.

III. Nous avons appliqué ce procédé d'analyse à la recherche de l'action, sur l'excitabilité de la moelle, de solutions assez concentrées de chlorure de calcium.

On sait que cette substance exerce, sur l'écorce grise cérébrale, une action inhibitrice remarquable [Sabbatani (1)]; elle agit sur le pneumogastrique (exp. de Busquet et Pachon); elle n'est pas sans action sur la moelle, ainsi que le démontrent une dizaine d'expériences que nous avons faites et qui nous ont conduit à des résultats concordants.

Expérience du 20 mai. — Montage comme précédemment.

Rana esculenta ♀. Hémisphères enlevés. Sommations successives séparées par une minute d'intervalle.

Capacité : $0^{mf},5$. Température : 18°.

Avant injection	Fréquence	18	9	6	3,6	1,8
	Voltage liminaire	0,13	0,13	0,14	0,23	0,35
Après inject. sous-cutanée de 1^{cm^3} de solution de $CaCl^2$ à 10 pour 100 (15 minutes d'intervalle).	Fréquence	18	9	6	3,6	1,8
	Voltage liminaire	0,16	0,16	0,16	0,22	0,26

Expérience du 29 mai.

Capacité : $0^{mf},5$. Température : 18°.

Avant injection	Fréquence	18	3,3
	Voltage liminaire	0,59	1,40
Après inject. sous-cutanée de 1^{cm^3} de solution de $CaCl^2$ à 10 pour 100 (15 minutes d'intervalle).	Fréquence	18	3,3
	Voltage liminaire	1	1,2

On voit qu'il y a augmentation d'excitabilité pour les rythmes lents et, au contraire, diminution d'excitabilité pour les rythmes rapides. En construisant la courbe des fréquences en fonction des voltages, on trouverait que l'injection de $CaCl^2$ la modifie; la nouvelle courbe, toutefois, coupe la première en un point pour lequel l'excitabilité n'est pas changée. L'action

(1) *Riv. sper. di frenatria...*, t. XXVII, 1901, p. 946-956.

est loin d'être aussi remarquable que sur l'écorce grise : elle est de même forme que celle de la température sur les nerfs moteurs (1); Mme M. Lapicque vient de signaler une action inverse sous l'influence de la caféine (2).

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *La cryptocécidie du ver des noisettes* (Balaninus nucum *L.*) *et la signification biologique des galles*. Note (3) de M. **Étienne Rabaud**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Les travaux relatifs au ver des noisettes, même les plus récents (4), ne portent jamais sur la période initiale de la vie larvaire. Par suite, le fait biologique dominant de cette période passe nécessairement inaperçu. Or, ce fait biologique est important à plus d'un titre : il s'agit de la formation d'une galle à l'intérieur même de la noisette; la larve de *Balaninus nucum* est, en effet, une larve gallicole. Pour s'en convaincre, il suffit d'examiner la face interne des noisettes durant les trois premières semaines environ qui suivent le dépôt de l'œuf de *B. nucum* dans l'étroite cavité que pratique la femelle. On observe alors, tout autour de la larve, une hypertrophie locale des tissus du péricarpe, dont le début remonte probablement à la période qui suit immédiatement la ponte. L'hypertrophie se développe peu à l'extérieur, où l'on n'aperçoit qu'une très légère proéminence, sorte de tissu cicatriciel, de forme irrégulière, de dimensions fort réduites (suffisantes toutefois pour marquer l'emplacement de l'œuf). A l'intérieur, l'hypertrophie se développe et prend une grande extension. C'est une intumescence de forme assez régulièrement hémisphérique, qui grandit progressivement, jusqu'à occuper le tiers, au moins, de la cavité du fruit; elle est creusée d'une loge centrale qui renferme la larve du *Balaninus*. Il s'agit donc d'une galle, et d'une galle qui devrait être qualifiée d'interne, si le terme de « galle interne » n'avait, depuis Lacaze-Duthiers, un sens très différent.

Pour éviter une équivoque, tout en simplifiant le langage, je désignerai sous le nom de *Cryptocécidie* la galle qui se forme à l'intérieur de la noisette et les galles analogues.

(1) G. Filon, *Variation de la vitesse d'excitabilité musculaire avec la température* (*Journal de Phys. et Path. générales*, 15 janvier 1911).

(2) *C. R. Soc. Biol.*, 4 janvier 1913, p. 32.

(3) Présentée dans la séance du 13 janvier 1913.

(4) F.-H. Chittenden, *The nut weevil. Unit. St. dept. of Agriculture, bur. of entomology*, 1908.

A mesure que son volume augmente, la cryptocécidie entre de plus en plus en contact avec l'amande qui se développe de son côté. Je n'ai, cependant, observé aucun phénomène de compression : à la formation de la galle correspond une réduction de l'amande, celle-ci se moulant exactement sur celle-là. Tout se passe comme si un balancement s'établissait entre la galle et le fruit, comme si l'accroissement de la première s'effectuait aux dépens des matériaux qui auraient normalement passé dans le second. Ce fait vaut d'être rapproché du parallélisme morphologique et physiologique récemment mis en évidence par Molliard (¹). La croissance de la galle n'aboutit cependant pas à la disparition complète de l'amande. Un moment vient où la galle, rongée par la larve plus rapidement qu'elle ne s'accroît, cesse de grandir, puis est complètement détruite.

La larve, pénétrant alors directement dans la cavité de la noisette, se met à ronger l'amande. Or, cela se produit assez tard, peu de temps avant la période de maturité larvaire. De la galle, il ne reste qu'une dépression de la paroi interne du péricarpe, correspondant à la cicatrice extérieure (²).

Autant que j'ai pu m'en assurer, la formation de cette cryptocécidie est absolument constante lorsque le charançon introduit l'œuf dans le péricarpe tendre d'une noisette jeune. Si le charançon introduit, au contraire, l'œuf dans le péricarpe sclérifié d'une noisette quasiment mûre, la galle n'apparaît pas. Effectivement, j'ai rencontré, vers la mi-septembre, des larves jeunes, ayant à peine atteint le quart de leur croissance, directement situées dans l'amande qu'elles rongeaient. Non seulement je n'ai pu discerner aucune trace de galle, mais l'hypertrophie externe elle-même faisait défaut. L'âge des larves vivant dans ces conditions et à cette période de l'année montrait qu'il s'agissait d'une ponte tardive sur un péricarpe dur.

Giard (³) a noté un phénomène semblable pour *Drisina glutinosa* Gd, dont la génération de juin provoque la production d'un galloïde sur les feuilles encore jeunes de l'érable, tandis que la seconde génération ne provoque rien de semblable sur les feuilles devenues plus résistantes.

Molliard (⁴) de son côté, et d'une manière indépendante, est conduit à la même conclusion en constatant que les larves d'un *Dorytomus* déter-

---

(¹) M. Molliard, *Bull. Soc. bot. Fr.*, t. XII, 1912, p. 201.

(²) Cette dépression présente un certain intérêt au point de vue du comportement de la larve, ainsi que je l'indiquerai dans un travail ultérieur.

(³) A. Giard, *Bull. Soc. entom. Fr.*, 27 décembre 1893.

(⁴) M. Molliard, *Rev. gén. Bot.* t. XVI, 1904.

minent ou non, suivant l'état des tissus, une galle aux dépens des chatons du *Salix caprea*.

Quoi qu'il en soit, l'existence de galles à l'intérieur d'un péricarpe, leur production conditionnelle présentent incontestablement un très grand intérêt au point de vue de la signification générale de ces formations. Les naturalistes se plaisent à considérer les galles comme une adaptation très remarquable, grâce à laquelle une larve trouve à la fois sa nourriture et un abri protecteur. Le rôle protecteur ne saurait être sérieusement soutenu dans le cas de la cryptocécidie des noisettes, elle-même enfermée dans un péricarpe dont les parois épaisses et résistantes suffiraient à mettre les larves hors des atteintes des prédateurs et des parasites. Quant au rôle alimentaire, que remplit effectivement la cryptocécidie, il ne paraît pas nécessaire pas même utile, puisque la larve mange aussi bien l'amande. Au point de vue du *B. nucum*, l'inutilité de cette formation gallaire ressort d'ailleurs pleinement du fait qu'elle manque en certaines circonstances et que cependant la larve se nourrit et se développe.

La cryptocécidie, dont la production n'est vraisemblablement pas limitée aux noisettes, constitue certainement un simple cas particulier d'un phénomène général, car elle ne diffère ni par son mode d'apparition, ni par sa constitution d'une galle quelconque. On doit alors se demander si une galle joue vis-à-vis de son hôte un rôle nécessaire. La galle n'est qu'une prolifération provoquée par la ponte, elle enveloppe et enferme l'œuf, puis la larve : celle-ci subit la galle plutôt qu'elle n'en profite. L'hyperplasie du tissu végétal est capable d'étouffer la larve, et j'ai lieu de penser que cet accident a dû et doit se produire fréquemment. Nous voyons surtout, actuellement, les cécidies qui, n'ayant pas empêché la larve de vivre, ont laissé s'établir une adaptation. Mais l'origine de la persistance des larves gallicoles tient, sans nul doute, à ce que la production gallaire n'a pas tué la larve et non à ce que la galle nourrit et protège la larve.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la présence du brome à l'état normal dans les organes de l'homme.* Note de M. **A. Labat**, présentée par M. A. Gautier.

Cette question, en apparence résolue depuis longtemps, n'a pas, en réalité jusqu'ici, reçu de réponse définitive, car la plupart des auteurs qui s'en sont occupés ont eu surtout en vue de rechercher le brome, soit dans les aliments, soit dans les excreta, soit dans des organes animaux.

Seuls, Jacob Justus [1] et E. Pribram [2] ont directement abordé le problème de la présence du brome dans les organes de l'homme; mais leurs techniques, abondantes en causes d'erreur et aboutissant à la mise en œuvre de réactions non spécifiques, ne sont pas plus faites pour accréditer les affirmations du premier que les négations du second.

Pour trancher le différend et caractériser le brome d'une façon indiscutable, nous avons utilisé : 1° une modification personnelle de la réaction de Swarts-Baubigny et 2° la réaction de Denigès et Chelle :

Les matières, pulpées, desséchées, pulvérisées et mélangées avec le dixième de leur poids à l'état frais de magnésie calcinée bien exempte de brome, sont calcinées, selon les indications de Geneuil [3], dans une capsule de platine, inclinée suivant un angle de 30° à 40° environ au-dessus d'une flamme de gaz. Les cendres obtenues sont épuisées par suffisamment d'eau bouillante pour faire 100^{cm^3} de liquide. La solution, additionnée de 1^g d'alun de fer, est placée dans un ballon de 300^{cm^3} et distillée de façon à recueillir 55^{cm^3} de liquide; tout l'iode est entraîné par la vapeur d'eau et peut être caractérisé et dosé dans le distillat. Le résidu, non filtré, est refroidi, additionné de 1^g de dichromate de potasse et de 5^{cm^3} de SO^4H^2 pur. On obture le ballon avec un bouchon en caoutchouc muni de deux tubes, l'un amenant au sein du liquide un courant d'air ayant déjà traversé une solution témoin de fluorescéine, et le second entraînant les vapeurs dans 5^{cm^3} d'eau additionnée de $0^{cm^3},1$ de solution alcoolique de fluorescéine à $0^g,25$ pour 1000. L'entraînement se fait avec une vitesse moyenne à la trompe à eau et doit durer 1^h à 2^h environ. Si besoin est, on peut augmenter la dose de fluorescéine dans le cours de l'opération; mais, au début, il faut se garder d'en employer plus de $0^{cm^3},1$, sous peine de masquer, par l'excès du réactif, la teinte rose due à l'éosine formée sous l'influence des plus faibles quantités de brome.

A l'aide de cette méthode, on peut facilement déceler colorimétriquement $0^{mg},03$ de brome et, à partir de $0^{mg},06$, on observe parfaitement le spectre à deux bandes de l'éosine déjà étudié par Le Royer [4]. En opérant de façon identique avec des étalons, on peut effectuer des dosages colorimétriques.

Nous avons ainsi examiné le corps thyroïde, le foie, le cœur, la rate, le rein, le cerveau, le sang et l'urine de sujets n'ayant pas suivi de médication

---

(1) Jacob Justus, *Ueber den physiologischen Brom-Gehalt des Organismus* (*Archives de Virchow*, t. XC, 1907).

(2) E. Pribram, *Recherches sur la présence du brome normal dans les organes de l'homme* (*Zeits. für physiol. Chem.*, t. XLIX, 1906, p. 457).

(3) *Applications de la magnésie calcinée légère à l'incinération des matières organiques* (Thèse de Pharmacie, Bordeaux, 1904).

(4) Le Royer, *Annalen der Chemie*, t. CCXXXVIII, p. 360.

bromurée depuis de longues années. Sur 24 corps thyroïdes mis en expérience, nous avons pu caractériser 16 fois le brome à des doses variant de $0^{mg},07$ à 3^{mg} pour 100 d'organe frais. Dans 100^{g} de foie, de cœur, de rate et de rein prélevés sur deux sujets différents, de même que sur 130^{cm^3} de sérum sanguin et le caillot correspondant, nous n'en avons point trouvé. En opérant sur 200^{g} de cerveau, nous en avons dosé de $0^{mg},015$ à $0^{mg},02$ pour 100. Toutes les urines d'adultes que nous avons examinées contenaient de 2^{mg} à 3^{mg} de brome par litre.

Dans une seconde série d'expériences, nous avons appliqué la réaction plus sensible encore de Denigès et Chelle (¹) au produit de lixiviation des cendres magnésiennes concentré à 5^{cm^3}. Pour cela, nous ajoutions à ce dernier $0^{cm^3},2$ de ClH ($D = 1,18$), 1^{cm^3} de SO^4H^2 concentré, 1^{cm^3} de réactif fuchsiné des auteurs et $0^{cm^3},2$ d'une solution à 10 pour 100 de CrO^4K^2; nous agitions après chaque addition et, sans refroidir, nous ajoutions 1^{cm} de chloroforme, puis nous agitions au moins pendant une demi-minute après avoir ajouté une goutte ou deux d'une solution étendue de bisulfite de soude pour éliminer l'iode. Nous avons pu ainsi vérifier tous les résultats énoncés plus haut.

Enfin, dans une troisième série d'expériences, nous avons utilisé intégralement la méthode d'extraction du brome de Baubigny et Rivals (²) et nous l'avons appliquée au corps thyroïde de l'homme. Là, encore, les résultats ont confirmé les précédents.

En résumé, nous avons examiné le rein, le foie, la rate, le cœur de quatre sujets, le cerveau de deux d'entre eux, un échantillon de sang, de nombreuses urines et 33 corps thyroïdes. Les premiers organes ne contiennent pas de brome, ou, s'ils en contiennent, c'est à doses inférieures à $\frac{1}{100}$ de milligramme pour 100. Le corps thyroïde, sauf exceptions probablement liées à des causes pathologiques, en renferme d'une façon constante; l'urine en renferme toujours.

Dans tous les cas, le brome s'est rencontré dans la glande thyroïde à doses très notablement inférieures à celles de l'iode.

D'expériences préliminaires que nous comptons poursuivre, il semble aussi ressortir que le brome a, chez l'homme, pour porte d'entrée, l'alimentation et, pour porte de sortie principale, l'urine.

Quoi qu'il en soit, nous croyons avoir montré, à l'aide de méthodes très sûres et spécifiques, que le brome, si répandu dans la nature comme l'ont

---

(¹) Denigès et Chelle, *Comptes rendus*, 18 novembre 1912.

(²) Baubigny et Rivals, *Comptes rendus*, t. 125, p. 527 et 607.

établi les travaux de A. Gautier, de Denigès et Chelle, de Guareschi et les nôtres (¹), existe aussi à l'état constant dans l'organisme de l'homme.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la non-spécificité du zinc comme catalyseur biologique pour la culture de l'*Aspergillus niger. *Son remplacement par d'autres éléments.* Note de M. **Charles Lepierre**, présentée par M. A. Gautier.

La Note récente de M. Javillier (²) m'engage à présenter à l'Académie mes recherches sur ce sujet (³). M. Javillier conclut de ses expériences *qu'aucun des éléments étudiés n'a pu se substituer au zinc; un seul a produit, aux doses essayées, des effets nettement mesurables.* Cet élément, le cadmium, *présente avec le zinc d'étroites analogies chimiques. L'ensemble des faits,* ajoute en terminant M. Javillier, *permet de conclure à l'action spécifique du zinc, au caractère nettement physiologique de cet élément.*

Je ne saurais souscrire à cette conclusion : mes expériences démontrent, au contraire, *que le zinc n'est pas le seul élément chimique susceptible de jouer le rôle si curieux que Raulin lui a assigné.* Il me semblait étrange que le zinc fût le *seul* élément qui permît la croissance rapide ou normale de la plante; le fait devait être d'ordre plus général et d'autres éléments, à des doses variables, pouvaient peut-être, comme le zinc, exciter les échanges nutritifs, rendre plus rapide l'assimilation.

J'ai commencé par étudier la substitution intégrale du zinc, dans le liquide Raulin, par des éléments ayant avec lui des analogies. J'ai pensé que les propriétés biologiques devaient suivre la loi de Mendelejeff et je me suis adressé d'abord à deux éléments, le cadmium et le glucinium, qui n'ont jamais été signalés que je sache chez les êtres vivants. Dans une prochaine Note je ferai connaître les résultats obtenus avec le glucinium. Les analogies du cadmium et du zinc sont trop connues pour que j'insiste.

Technique. — Milieu Raulin préparé avec des produits spécialement purifiés et

---

(¹) A. Labat, *Introduction à l'étude de la présence du brome dans les organes de l'homme* (Thèse de Médecine de Bordeaux, n° 147, 1912).

(²) *Comptes rendus*, 23 décembre 1912, p. 1551.

(³) Ces recherches ont d'abord fait l'objet d'un pli cacheté, déposé le 13 juin 1912 à la Société chimique de France, dont je demande l'ouverture par ce courrier. Je les ai exposées à Lisbonne le 11 juillet 1912 (Communication présentée à la Société portugaise des Sciences naturelles, publiée en français dans le *Bulletin*, t. VI, fasc. 1, Lisbonne).

privés de zinc (¹). Stérilisation pendant 30 minutes à 115°, à l'autoclave. J'emploie, de préférence, des doubles boîtes en porcelaine, dont la plus grande sert de couvercle à l'autre (dimensions 18^{cm} de diamètre, soit 250^{cm^2} de superficie); j'emploie aussi de grands vases coniques d'Erlenmeyer, en verre d'Iéna, dont le fond a les dimensions précédentes. Toutes les cultures sont faites avec 500^{cm^3} de liquide sur 2^{cm} de hauteur.

Je maintiens le couvercle des boîtes légèrement soulevé pour que l'air circule, ce qui augmente *toujours* le rendement cultural. L'ensemencement se fait avec des cultures sporulées de *Sterigmatocystis nigra*, cultivé depuis deux ans sur milieux sans zinc, ni cadmium, culture à 34°-35° dans la chambre-étuve. Après lavage et séchage à poids constant, on pèse les récoltes.

Pour le cadmium j'emploie le sulfate $3CdSO^4.8H^2O$, pur et privé de zinc (²).

Si dans le liquide Raulin on remplace le zinc par le cadmium, pour certaines doses, on obtient des cultures de même poids que dans le milieu classique Raulin à $\frac{1}{100\,000}$ de zinc (³) ou que dans les milieux moins zinciques de M. Javillier ($\frac{1}{1\,000\,000}$ à $\frac{1}{10\,000\,000}$). Les cultures témoins sans zinc et avec zinc permettent la comparaison. Le Tableau suivant résume quelques expériences :

Cadmium. — Volume du liquide 500^{cm^3}. 4 à 5 jours de culture. Poids des récoltes :

Témoins sans Zn, ni Cd		g 4,77	g 4,67	g 3,90	g 4,39	g 3,80		g 3,45	
Zn 1:1000000		7,36	6,94	—	7,54	7,70		7,42	
Par litre. mg									
0,001 cadmium	1:1000000000	—	—	—	—	3,82	g 5,16	—	
0,01 »	1:100000000	—	—	—	—	4,65	6,38	6,04	(9 j.)
0,02 »	1:50000000	—	—	5,57	—	—	—	—	
0,1 »	1:10000000	—	—	6,30	6,18	6,17	6,65	6,51	(9 j.)
0,125 »	1:8000000	—	—	—	—	6,32	6,80	6,60	»
0,2 »	1:5000000	6,23	—	6,60	—	6,63	7,11	7,25	»
0,25 »	1:4000000	—	—	—	—	7,15	7,30	7,19	»
0,33 »	1:3000000	—	—	—	—	7,29	7,46	7,40	»
0,5 »	1:2000000	—	—	—	—	7,72	7,58	7,45	»
1,0 »	1:1000000	7,55	7,70	6,90	7,57	7,66	7,60	7,31	»
2 »	1:500000	7,19	—	—	7,45	—	—	7,07	»
5 »	1:200000	6,69	—	—	—	—	5,90	6,21	»
10 »	1:100000	4,18	3,81	—	0,2 (19 j.)	3,71	5,56	3,12	»
20 »	1:50000	—	—	—	—	0,05	0,06	0,10	»
						(5 j.)	(9 j.)		

(¹) L'exposé détaillé des méthodes fera l'objet d'un Mémoire actuellement sous presse.

(²) Les traces de zinc que, par hasard, ce sel pouvait retenir ne peuvent expliquer l'influence notable de l'élément étudié, parce qu'elles seraient dans les limites des doses absolument insuffisantes.

(³) Et pas $\frac{1}{100\,000}$ comme M. Javillier le dit.

Poids des cultures. — On voit que si les doses de cadmium sont inférieures à $\frac{1}{5000000}$ ($0^{mg},2$ par litre) le poids de la récolte est *inférieur* au poids de la récolte sur zinc et au poids de la récolte normale sur cadmium; ce poids est d'autant plus petit que la dose est plus petite. A la dose de $\frac{1}{100000000}$ et même de *un billionième* les poids sont toutefois encore très nettement *supérieurs* au poids donnés par les témoins sans zinc, ni cadmium, et les cultures sporulent [1]. *Pour les doses comprises entre* $\frac{1}{5000000}$ *et* $\frac{1}{500000}$ *le poids de la récolte est maximum et se confond avec le poids des récoltes sur zinc à* $\frac{1}{1000000}$. Pour les dilutions se rapprochant de $\frac{1}{5000000}$ on observe un léger retard, le poids maximum n'étant atteint qu'après 9 à 10 jours. Pour les doses supérieures à $\frac{1}{500000}$ le cadmium devient nettement toxique et le poids de la culture diminue avec la concentration. A la dose de $\frac{1}{50000}$ le cadmium stérilise pour ainsi dire le milieu.

Sporulation. — Les cultures sur cadmium sporulent parfaitement quand la quantité de métal ne dépasse pas $0^{mg},2$ à $0^{mg},3$ par litre ($\frac{1}{3000000}$ à $\frac{1}{5000000}$); si la dose est plus élevée les conidies ne se forment plus; c'est ainsi qu'aux doses de $\frac{1}{500000}$ ou $\frac{1}{1000000}$ la plante ne sporule pas ou très lentement (25 à 30 jours), *bien que la plante ait rapidement atteint le maximum de poids, égal à celui des milieux zinciques.*

L'*Aspergillus* se montre donc plus sensible au cadmium qu'au zinc, comme le prouvent les chiffres suivants :

	Zinc (Javillier).	*Cadmium* (Lepierre).
Doses insuffisantes.........	$< \frac{1}{10000000}$	$< \frac{1}{5000000}$
Doses utiles ou indifférentes (poids maximum).......	$\frac{1}{10000000}$ à $\frac{1}{25000}$	$\frac{1}{5000000}$ à $\frac{1}{500000}$
Doses toxiques...........	$> \frac{1}{25000}$	$> \frac{1}{500000}$

L'analyse démontre que le cadmium est fixé par la plante.

M. Javillier reconnaît du reste que le cadmium, à la dose de un dix-millionième, a augmenté le poids de la récolte dans la proportion de 1 à 2,7. Je ferai remarquer *que ce rapport* 2,7, *obtenu par M. Javillier avec le cadmium, est précisément le même que cet auteur a obtenu en* 1908 *en comparant les cultures témoins et les cultures zinciques* [2].

En résumé, le cadmium remplace parfaitement le zinc dans le milieu Raulin et joue comme lui un rôle énergétique remarquable dans la rapide croissance du *Sterigmatocystis nigra.* Il ne s'agit pas d'une suppléance rela-

---

(1) A la dose de $0^{mg},01$ par litre le cadmium produit encore en plus 3^g à 4^g de substance vivante, c'est-à-dire 300000 à 400000 fois son poids.

(2) JAVILLIER, *Thèse*, 1908, p. 61.

tive semblable à celle du potassium par le rubidium. Le zinc ne joue donc pas le rôle d'élément catalyseur spécifique que lui prête M. Javillier. Il peut être remplacé par d'autres éléments présentant avec lui des analogies chimiques.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Activité de la sucrase de Kôji en présence de divers acides.* Note de M. **Gabriel Bertrand** et M. et M[me] **Rosenblatt**, présentée par M. Roux.

Les expériences que nous avons publiées sur les diastases extraites de la levure et de l'*Aspergillus niger* ont montré que non seulement la concentration en ions hydrogène la plus favorable à l'hydrolyse conditionnée par la sucrase varie d'une manière importante avec la nature de l'acide ajouté, mais qu'il peut y avoir, pour un même acide, des concentrations optima en ions hydrogène notablement différentes, suivant l'origine de la substance diastasique (1).

Ainsi, en se servant de l'acide acétique, la concentration en ions hydrogène la plus favorable à l'action diastasique correspond à une addition, au milieu supposé neutre à l'hélianthine, de $\frac{1}{50}$ de molécule-gramme d'acide par litre avec la sucrase d'*Aspergillus*, et seulement de $\frac{1}{300}$ de molécule-gramme avec la sucrase de levure. En poids absolus, cela fait respectivement $1^g,2$ et $0^g,2$ d'acide acétique par litre.

Nous avons, depuis, trouvé un nouveau type de sucrase végétale dont le maximum d'activité s'exerce, non plus en présence d'une proportion notable d'acide libre, mais à une concentration en ions hydrogène très voisine de celle qui correspond à la neutralité à l'hélianthine.

Ce nouveau type de sucrase végétale était contenu dans une préparation extraite du Kôji du Japon et connue dans le commerce sous le nom de *takadiastase* (2). Elle accompagne, dans le Kôji, comme on le sait depuis les recherches d'Atkinson et d'autres, une amylase, une dextrinase, une maltase, une protéase, etc.

La préparation dont nous nous sommes servis était pour ainsi dire entièrement soluble dans l'eau; elle renfermait 7,7 pour 100 de cendres et pos-

(1) *Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 1515, et t. 154, 1912, p. 837.

(2) Le Kôji est une culture d'*Aspergillus orizæ* sur des grains de riz décortiqués et partiellement cuits; il renferme une certaine proportion de cellules de levure. La préparation commerciale proviendrait, au contraire, d'une culture pure de la mucédinée.

sédait une alcalinité à l'hélianthine correspondant à $0^{cm^3},64$ d'acide chlorhydrique normal pour 1^g. Dans chacune des expériences que nous avons faites, nous avons employé 5^{cm^3} d'une solution de $0^g,015$ de takadiastase dans l'eau pure, c'est-à-dire une quantité dont la saturation à l'hélianthine aurait exigé $0^{cm^3},96$ d'acide $\frac{N}{100}$.

Nous avons fait réagir cette quantité sur $1^g,5$ de saccharose dissous dans 80^{cm^3} d'eau pure et additionné de $0^{cm^3},5$ de toluène, à la température de $+28°$ pendant 24 heures. Le saccharose avait été purifié par nous à un point tel que la quantité mise en jeu dans chaque expérience ne pouvait masquer guère plus de $0^{cm^3},01$ d'acide $\frac{N}{100}$ vis-à-vis de l'hélianthine.

Dans ces conditions nous avons trouvé, à l'aide de séries d'expériences et de leur représentation graphique, que le maximum d'activité hydrolysante avait lieu en présence de :

			cm³
Acide	benzènesulfonique	$\frac{N}{100}$	0,91
»	chlorhydrique	»	0,92
»	acétique	»	0,85
»	lactique	»	0,95
»	sulfurique	»	0,90
»	oxalique	»	0,86
»	tartrique	»	0,88

c'est-à-dire, en comparant ces résultats avec les chiffres d'alcalinité de la préparation diastasique et du saccharose donnés plus haut, dans des solutions neutres ou plutôt très légèrement alcalines à l'hélianthine [1].

On remarquera, en mettant en parallèle nos expériences sur les sucrases de levure et d'*Aspergillus niger* avec celles sur la sucrase de Kôji, que nous avons pris dix fois moins de saccharose dans les dernières. C'est parce que, en raison du nombre des expériences nécessaires pour arriver à une bonne approximation, il aurait fallu une trop grande provision de matière sucrée, difficile à obtenir pure. Nous avons, néanmoins, en vue de raccorder les nouvelles expériences avec les précédentes, recommencé deux séries de déterminations avec 15^g de sucre au lieu de $1^g,5$, toutes les autres conditions restant les mêmes. Nous avons trouvé alors que l'activité hydrolysante de la sucrase de Kôji était la plus grande en présence de :

---

[1] On trouvera les résultats obtenus avec d'autres acides et quelques sels dans le Mémoire détaillé qui paraîtra ultérieurement.

Acide chlorhydrique $\frac{N}{100}$	....	$^{cm^3}$ 1,05
» acétique »	....	1,10

Si l'on déduit de ces chiffres $0^{cm^3},10$ à $0^{cm^3},15$ pour la saturation des 15^g de saccharose, on retombe sur des concentrations égales ou à peine supérieures à celles qui ont été obtenues dans les solutions moins sucrées.

Nous n'insisterons pas ici sur la différence des concentrations en ions hydrogène qui, suivant qu'on ajoute un acide ou un autre, déterminent le maximum de vitesse de l'hydrolyse du sucre par la diastase du Kôji. Étant données les proportions extraordinairement petites d'acides qui suffisent à modifier dans ce cas la vitesse de la réaction, les mesures sont très délicates et l'on ne saurait, dans la partie de la courbe qui exprime la marche de l'hydrolyse au voisinage de son maximum de vitesse, atteindre un degré d'approximation suffisant pour étayer une argumentation solide. Malgré la sensibilité et la précision des méthodes de mesure utilisées, on évolue dans une zone de variations trop étroite pour que l'on puisse assigner une place rigoureusement exacte à chacun des acides essayés. Nous pensons toutefois que les conclusions générales rappelées au commencement de cette Note s'appliquent aussi bien à la sucrase de Kôji qu'aux deux précédentes; ce qu'il faut retenir de nos nouvelles expériences, c'est donc surtout la grande différence des concentrations en ions hydrogène qui déterminent la vitesse maxima de chacune des trois sortes de sucrases.

En résumé, à la limite d'erreur près de nos expériences, limite certainement inférieure à $0^{mg},5$ pour 1000 calculée en acide acétique, on peut dire que la sucrase de Kôji présente son activité maxima dans les solutions où la concentration en ions hydrogène est voisine ou même très légèrement inférieure à celle qui correspond à la neutralité à l'hélianthine. Elle se distingue nettement, sous ce rapport, des sucrases de levure et d'*Aspergillus niger* qui, elles, fonctionnent le mieux en présence d'une acidité très notable vis-à-vis du même indicateur coloré.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Formation de l'urée par deux moisissures.* Note de M. **R. Fosse**, présentée par M. E. Roux.

Les travaux de Bécamp, Ritter, Hofmeister, Hugounenq, n'ayant pu réussir à faire admettre la production artificielle de l'urée par oxydation de

l'albumine, on a dû recourir, pour établir la théorie actuelle de l'uréogenèse, aux aptitudes aussi puissantes que variées des diastases.

Le carbonate d'ammoniaque, déchet minéral de la combustion, serait élevé à l'état organique d'urée par une diastase, encore inconnue, qui produirait, avec des rendements très élevés, cette déshydratation, obtenue seulement, jusqu'ici, *in vitro*, d'une manière très limitée, à l'autoclave sous des pressions considérables et au-dessus de 100°.

Nous avons démontré l'exactitude des résultats de Bécamp et découvert, en outre, deux sources insoupçonnées d'urée, produites par l'oxydation artificielle, en présence d'ammoniac, soit de la glycérine, constituant des corps gras, soit des aliments que l'organisme consomme le plus abondamment : les hydrates de carbone ([1]).

De là, résulte : que les trois principales classes de matériaux carbonés des êtres vivants peuvent participer à l'uréogenèse; qu'une importante relation doit vraisemblablement lier la glycogenèse à l'uréogenèse et, qu'enfin, le *principal facteur* de cette dernière fonction est susceptible d'être attribué à un processus d'oxydation et non, selon la théorie régnante, à un phénomène diastasique, en étroite dépendance de la vie.

L'urée, que nous avons formée, en dehors de toute influence vitale, par oxydation du sucre et de l'ammoniac, peut être également créée par la cellule vivante des moisissures aux dépens de ces mêmes substances.

Expérience. — On broie, avec 50g d'acide acétique, 500g du mycélium, récolté à la surface du liquide de Raulin ensemencé spontanément, conservé à l'étuve dans des cuvettes photographiques.

Le suc d'expression est distillé dans le vide au bain-marie; le produit sirupeux précipité par l'alcool; la solution évaporée à sec sous pression réduite et le résidu épuisé par l'acide acétique. La liqueur, additionnée de xanthydrol, est abandonnée pendant deux jours dans un endroit frais. Le dépôt, traité par une lessive alcaline bouillante, lavé à l'alcool froid, est épuisé finalement par un peu de pyridine à l'ébullition. L'urée di-xanthylée qui s'en sépare est soumise à une nouvelle cristallisation.

Chauffée, en tube étroit, dans la vapeur d'oxyde de phényle maintenu bouillant (+ 261° corrigé), elle conserve sa couleur primitive et l'état solide quelques minutes, puis se ramollit, se colore et fond, avec décomposition, en un liquide brun. Ce résultat est atteint après 8 à 9 minutes.

Les diverses manipulations nécessitées pour purifier le faible dépôt formé et le séparer des liqueurs acétique, alcaline et alcoolique, sont

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 154, p. 1187-1448.

presque impraticables par filtration. Elles ont pu être exécutées sans difficultés au moyen des excellentes centrifugeuses de M. Jouan.

L'urée a été caractérisée également dans le suc cellulaire de *l'Aspergillus niger*, ayant ou non sporulé, cultivé aseptiquement, à 37°, dans des ballons, sur liquide Raulin, ensemencé avec les spores de cultures pures que nous devons à la bonté de M. le Dr Calmette.

Expérience. — Le suc d'expression de 910^g de mycélium ainsi formé, broyé avec 100^{cm^3} d'acide acétique, est concentré dans le vide, et le produit repris par l'alcool. L'enduit visqueux, laissé par évaporation de la solution, traité par l'acide acétique cristallisable, dépose des cristaux de *mannite*, dont on connaît l'existence dans les moisissures (Müntz-Bourquelot).

En précipitant l'urée par la méthode précédente, nous avons isolé, après une seule cristallisation dans un peu de pyridine, $0^g,07$ d'uréine, dont la fusion-décomposition dans la vapeur d'oxyde de phényle était complète après 4 minutes seulement de chauffage.

Le même résultat positif a été constaté pour le suc cellulaire de *l'Aspergillus niger* développé sur le milieu Raulin, modifié par la substitution au nitrate d'ammoniaque de la quantité équivalente de chlorhydrate.

Le Penicillium Glaucum contient également de l'urée dans ses cellules, ainsi que nous avons pu le constater sur une certaine quantité de ce végétal que M. Massol a eu l'obligeance de récolter pour nous à l'Institut Pasteur de Lille.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Dédoublement diastasique des glucosides et des galactosides.* Note de M. **H. Bierry**, présentée par M. Dastre.

Em. Fischer a vu que les deux méthyl-*d*-glucosides, dont l'un avait été obtenu par lui et l'autre isolé à l'état cristallisé par A. van Ekenstein, se comportaient très différemment vis-à-vis de l'action des ferments : l'un était attaqué par la macération de levure et respecté par l'émulsine, l'autre était dédoublé par l'émulsine et résistait à l'extrait de levure. Il appela α le premier, et β le second de ces méthyldérivés du *d*-glucose.

A la suite de ces expériences les alcooldérivés découverts par Fischer furent systématiquement soumis à l'action de la levure et de l'émulsine et rangés dans la série α ou la série β suivant qu'ils étaient attaqués par l'une ou par l'autre source de diastases. Ainsi la forme stéréochimique des alcooldérivés fut déterminée par une hydrolyse de choix avec les enzymes : les α et β-méthyl-*d*-glucosides devenant le pivot de cette classification.

Les recherches de C. Tanret sur la multirotation des sucres ont montré qu'on devait distinguer deux variétés de *d*-glucose : l'une ayant un pouvoir rotatoire de $+110°$ environ, l'autre de $+20°$ environ. Les deux formes α et β sont instables en solution dans l'eau et s'acheminent toutes deux vers la forme ε qui est stable et possède un pouvoir rotatoire de $+52°,5$. A la suite des travaux de Fischer et E.-F. Armstrong, C. Tanret, Maquenne, on admet que les glucosides α et β correspondent à des états isomériques du glucose contenu dans leur molécule : la variété α du *d*-glucose entrant dans la constitution des glucosides α et la variété β du *d*-glucose dans celle des glucosides β.

Em. Fischer avait attribué à l'invertine d'abord, puis à la maltase ensuite le dédoublement de l'α-méthyl-*d*-glucoside. J'ai démontré (1) que cette diastase était différente de la maltase et j'ai proposé de lui donner le nom d'α-glucosidase pour ne rien préjuger de son action possible et probable sur les α-alcooldérivés : méthyl, éthyl, glycérine, benzyl, etc. du *d*-glucose, les β-dérivés étant, comme l'ont montré Bourquelot et Hérissey, hydrolysables par l'émulsine. A la suite de travaux récents ces derniers auteurs concluent que le ferment capable d'hydrolyser les alcoolglucosides α doit être nettement différencié et lui conservent le nom de glucosidase α (2).

Le *d*-galactose se comporte comme le *d*-glucose ainsi qu'il résulte des recherches de C. Tanret, on doit admettre que les galactosides α et β correspondent à des états isomériques différents du galactose contenu dans leur molécule.

Em. Fischer constatant que le lactose était hydrolysé par l'émulsine rangea ce biose dans la série des dérivés β, à côté des β-méthyl et éthyl-*d*-galactosides attaqués parallèlement, mais il remarqua que l'extrait de levure restait sans effet sur les α-galactosides correspondants. Depuis, les travaux de Bourquelot et Hérissey, d'E.-F. Armstrong, ont montré que l'émulsine de Fischer n'était pas un ferment unique, mais un mélange de plusieurs ferments, et qu'elle renfermait en particulier une lactase. C'est à cette dernière diastase qu'il faut attribuer le dédoublement du lactose et des β-galactosides.

Ainsi on connaît le ferment qui hydrolyse le lactose et les alcooldérivés β du *d*-galactose, mais on n'a pas démontré de façon rigoureuse l'existence d'une enzyme capable de dédoubler les alcoolgalactosides-α, enzyme qu'on

---

(1) *Comptes rendus*, 26 juillet 1909, et *Recherches sur les diastases qui concourent à la digestion des hydrates de carbone*, p. 43, 47 et 270.

(2) Bourquelot et Hérissey, *Journ. de Pharm. et de Chim.*, 26 septembre et *de Biologie*, décembre 1912.

pourrait, par analogie avec l'α-glucosidase, désigner sous le nom de *galactosidase-α*. J'ai pensé qu'un tel ferment pourrait se trouver dans les sucs digestifs des animaux et en particulier dans le suc gastro-intestinal d'*Helix* qui, ainsi que je l'ai signalé, attaque les α et β-méthyl-*d*-glucosides. J'ai donc fait agir comparativement sur l'α et le β-méthyl-*d*-galactosides le suc digestif d'*Helix* et la macération de muqueuse intestinale de chien.

L'α-méthyl-*d*-galactoside a été obtenu par la méthode de Fischer. J'ai utilisé pour la préparation du dérivé β l'action, en présence de potasse, de sulfate de méthyle en solution aqueuse (¹). On obtient ainsi du β-méthylgalactoside sans mélange d'α-dérivé. L'apparition du galactoside-α dans l'expérience de Fischer est donc due, comme l'admettent Kœnigs et Knorr, à l'influence isomérisante de HCl sur son isomère.

Le suc digestif d'*Helix pomatia* dédouble entièrement les α et β-méthyl-*d*-galactosides. L'hydrolyse du dérivé β est toutefois un peu plus rapide, les conditions étant les mêmes, que celle du dérivé α. La macération de muqueuse intestinale du chien, qui cependant dédouble le lactose, n'hydrate pas les méthylgalactosides. Cette macération a été faite soit dans l'eau fluorée, soit dans l'eau distillée à la glacière en présence de thymol et de toluol; dans ce dernier cas elle était filtrée sur bougie Berkefeld avant d'être mise en contact avec les galactosides. Par l'emploi de flacons témoins contenant de la macération bouillie et non bouillie, on se mettait en garde contre les apports possibles de sucre par la muqueuse elle-même.

Rapprochons ces faits de faits déjà connus, on voit que le suc digestif d'*Helix* hydrolyse non seulement les dérivés β du *d*-galactose : β-méthylgalactoside, lactose, acide lactobionique et ses sels, lactosazone, lactose-urée (²), etc., mais aussi les α-dérivés. On sait aussi que la lactase retirée des amandes attaque le lactose et les β-galactosides, mais reste inactive sur l'isolactose et le lactobionate de calcium, tandis que la lactase du kéfir est susceptible d'hydrolyser le lactose, les β-galactosides et aussi l'isolactose (Fischer et E.-F. Armstrong). La lactase retirée de l'intestin du chien paraît beaucoup plus spécifique dans son action, en effet cette diastase n'attaque que les dérivés du galactose; parmi les dérivés de ce sucre elle n'attaque que les stéréoisomères β; et encore parmi ces dérivés, elle peut encore faire un choix très restreint.

(¹) Maquenne avait déjà indiqué ce mode de préparation pour le β-méthyl-*d*-glucoside. J'ai appliqué ce procédé à la préparation des β-méthyl dérivés de plusieurs sucres aldéhydiques, j'aurai à revenir sur cette question.

(²) Bierry et Giaja, *Comptes rendus*, 27 juillet 1908. — Bierry et Ranc, *Id.*, 13 mai 1910.

M. G. de Fontenay adresse une lettre relative à la réclamation de priorité formulée par M. *Darget* dans la précédente séance.

(Renvoi aux Commissaires précédemment nommés, MM. Dastre et Bouty.)

A 4 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures et demie.

Ph. v. T.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 13 janvier 1913.

Ministère de l'Instruction publique. *Mission du* Service géographique de l'Armée, *pour la mesure d'un arc de méridien équatorial en Amérique du Sud*, *sous le contrôle scientifique de l'Académie des Sciences*, 1899-1906. Tome VI. Fascicule 1 : *Ethnographie ancienne de l'Équateur*, par R. Verneau et P. Rivet. Paris, Gauthier-Villars, 1912; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Darboux.)

Lettre de Henri Poincaré à Monsieur G.-B. Guccia, Directeur des *Rendiconti del Circolo matematico di Palermo, au sujet de son dernier Mémoire :* « Sur un théorème de Géométrie », paru dans les *Rendiconti*, t. XXXIII (1er semestre 1912), p. 375-407, le 27 juin 1912. L'enveloppe de cette lettre porte le timbre postal de « Paris, 9 décembre 1911 ». Palerme, photos V. Lo Cascio; 1 fasc. in-8°; tiré à 10 exemplaires seulement. (Présenté par M. Darboux. Hommage de M. G.-B. Guccia.)

Mémoires sur l'électricité et l'optique, par A. Potier, publiés et annotés par A. Blondel, avec une Préface de Henri Poincaré, Membre de l'Académie française et de l'Académie des Sciences. Paris, Gauthier-Villars, 1912; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Darboux.)

Recherches sur la constitution chimique de la spartéine, par MM. Charles Moureu, Membre de l'Institut, et Amand Valeur. (Extr. des *Annales de Chimie et de Physique;* octobre et novembre 1912.) Paris, Gauthier-Villars; 1 fasc. in-8°. (Hommage des auteurs.)

Leonhardi Euleri *Commentationes analyticæ ad theoriam integralium ellipticorum pertinentes*, edidit *Adolf Krazer*. Volumen prius. (Leonhardi Euleri opera omnia *sub auspiciis Societatis scientiarum naturalium Helveticæ edenda curaverunt* Ferdinand Rudio, Adolf Krazer, Paul Stäckel. Serie I : *Opera mathematica*. Volumen XX.) Leipzig et Berlin, B.-G. Teubner, 1912; 1 vol. in-4°. (Acquis par voie de souscription.)

Ministère de l'Agriculture. Direction de l'Hydraulique et des Améliorations agricoles. *Rapport sur l'exploration souterraine hydrologique des Pyrénées en* 1908, par M. E.-A. MARTEL. (Extr. des *Annales;* fasc. 38). — *Rapport sur la seconde Mission pour l'exploration des Pyrénées souterraines,* juillet-août 1909; par M. E.-A. MARTEL. (Extr. des *Annales;* fasc. 40). Paris, Imprimerie nationale, 1910-1911; 2 fasc. in-4°. (Présenté par M. De Launay.)

The iron ores of Missouri, by G.-W. CRANE. (*Missouri Bureau of Geology and Mines;* 2e série, t. X.) Jefferson City, Missouri, s. d.; 1 vol. in-8°.

Report of the Chief Astronomer for the year ending march 31, 1910; t. I. Ottawa, 1912; 1 vol. in-8°.

Memorie della Reale Accademia delle Scienze di Torino; 2e série, t. LXII. Turin, 1912; 1 vol. in-4°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 20 JANVIER 1913.

Ministère du Travail et de la Prévoyance sociale. *Statistique générale de la France : Statistique du mouvement de la population;* nouvelle série, t. I, années 1907-1910. Paris, Imprimerie nationale, 1912; 1 vol. in-4°.

Résultats des Campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert Ier, prince souverain de Monaco, publiés sous la direction de M. JULES RICHARD. — Fascicule XXXVII : *Mollusques provenant des Campagnes de l'*Hirondelle *et de la* Princesse-Alice *dans les mers du Nord*, par PH. DAUTZENBERG et H. FISCHER; avec 11 planches. — Fascicule XXXVIII : *Copépodes parasites des Poissons et des Échinides provenant des Campagnes scientifiques* (1886-1910), par ALEXANDRE BRIAN; avec 12 planches. — Fascicule XXXIX : *Pyrosomes et Appendiculaires provenant des Campagnes de l'*Hirondelle *et de la* Princesse-Alice (1885-1910), par PAUL KRÜGER; avec 2 planches et 1 carte. — Fascicule XL : *Exploration du Nord-Ouest du Spitzberg entreprise sous les auspices de S. A. S. le Prince de Monaco par la Mission Isachsen.* Ire Partie, par GUNNAR ISACHSEN; avec 25 planches et 3 cartes. Imprimerie de Monaco, 1912; 2 vol. et 2 fasc. in-4°. (Hommage de S. A. S. le Prince de Monaco.)

JAC. BERZELIUS. *Lettres* publiées au nom de l'Académie royale des Sciences de Suède, par H.-G. SÖDERBAUM. II. *Correspondance entre Berzelius et Sir Humphry Davy* (1808-1825). Upsal, Almquist et Wiksell, 1912; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Ph. van Tieghem.)

M. O. LEHMANN, Correspondant récemment nommé dans la Section de Minéralogie, fait hommage à l'Académie, pour sa Bibliothèque, de la série des Mémoires qu'il a publiés, notamment sur les cristaux liquides; 20 fasc. de divers formats.

Les prix Nobel en 1911. Stockholm, Imprimerie royale, P.-A. Norstedt et fils, 1912; 1 vol. in-8°.

Materialen für eine wissenschaftliche Biographie von Gauss, gesammelt von F. KLEIN und M. BRENDEL. Heft II. C.-F. GAUSS : *Fragmente zur Theorie des arithmetisch-geometrischen Mittels aus den Jahren* 1797-1799; herausgegeben und erläutert von L. SCHLESINGER. Heft III. *Ueber Gauss' Arbeiten zur Funktionentheorie*, von L. SCHLESINGER. Gœttingue, 1912; 2 fasc. in-8°. (Présenté par M. Émile Picard.)

L'eruzione Etnea del 1910, per P. Vinassa de Regny, A. Riccò, S. Arciadiacono, F. Stella Starrabla, L. Taffara, O. de Fiore. Catane, 1912; 1 vol. in-4°. (Présenté par Ph. van Tieghem.)

Die Arbeiten des Königl. preussischen aeronautischen Observatoriums bei Lindenberg im Jahre 1911; Bd. VII. Mit 9 im Text gedruckten Abbildungen und 2 Tafeln; herausgegeben von Richard Assmann, Director. Brunswick, 1912; 1 vol. in-4°.

Recherches expérimentales sur le timbre des voyelles françaises, par Jean Poirot. (*Acta Societatis scientiarum Fennicæ;* t. XLII, n° 2.) Helsingfors, 1912; 1 fasc. in-4°.

La réforme du Calendrier : Le Calendrier universel, par Paul Delaporte; Préface de Camille Flammarion. Paris, H. Le Soudier, 1913; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Les chutes d'eau de France et leur utilisation, par Édouard Payen. (Extr. de l'*Économiste français* du 11 janvier 1913, p. 43 et 44.) Paris, imp. Chaix; 1 feuille in-4°.

Annales de l'Institut polytechnique du Don du Césarévitch Alexis à Novotcherkassk; t. I, année 1912. Novotcherkassk; 1 vol. in-4°.

Estados Unidos Mexicanos. *Boletin de la Direccion general de Estadistica;* n° 1. Mexico, 1912; 1 fasc. in-4°.

ERRATA.

(Séance du 30 décembre 1912.)

Note de M. *Guillaume de Fontenay*, Action des encres sur la plaque photographique :

Page 1610, note (1), *au lieu de* 11 janvier 1911, *lire* 11 janvier 1909.

(Séance du 6 janvier 1913.)

Note de M. *Pierre Kennel*, Contribution à l'étude des fonctions des grands tentacules des Limaces rouges (*Arion rufus*) :

Page 87, ligne 2 en remontant, *au lieu de* qui en justifient la paternité, *lire* qui en justifient la pérennité.

Page 90, ligne 9, *au lieu de* la teneur en calories, *lire* la teneur en vapeur d'eau.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 JANVIER 1913.

PRÉSIDENCE DE M. F. GUYON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE. — *Sur les lois des états correspondants*. Note de M. E.-H. AMAGAT.

1. Quelques recherches récentes relatives aux lois des états correspondants m'ont fait penser qu'il pouvait y avoir intérêt à revenir sur certains points dont je me suis occupé autrefois et que je n'ai peut-être pas suffisamment développés.

Je désire surtout insister aujourd'hui sur la base de la démonstration et l'usage qu'on peut faire de cette loi : pour les points correspondants de substances quelconques, les valeurs de $\frac{pv}{T}$ sont les mêmes, si les volumes sont rapportés aux poids moléculaires.

Je rappellerai d'abord que M. S. Young, à la suite de remarquables recherches expérimentales, avait énoncé cette loi pour le cas des vapeurs saturées et, par suite, pour le point critique. Plus tard, M. L. Natanson est arrivé à une loi analogue dans le cas de fluides, suivant les lois des gaz parfaits; depuis j'ai démontré rigoureusement que, pour des corps suivant la loi des états correspondants, la loi est absolument générale, elle s'applique à des points correspondants quelconques.

Tout récemment, M. Mathias est revenu sur ce sujet et est arrivé au même résultat d'une façon assez différente, mais en faisant intervenir l'équation d'état, ce que systématiquement j'avais eu le soin d'éviter; il insiste sur un fait qui s'applique en particulier au quotient $\frac{pv}{T}$ (que pour simplifier je désignerai désormais par $\mathcal{C}$) : celui d'obéir de deux façons à la loi

des états correspondants, ce qui est parfaitement exact, mais contenu avec assez d'évidence dans l'énoncé des lois pour qu'il n'ait pas paru nécessaire de le faire remarquer, j'aurai du reste l'occasion de revenir sur ce point ([1]).

2. D'autre part, M. Mathias a fait remarquer que l'inégalité des coefficients angulaires réduits des diamètres des courbes de densités, exclut la loi des états correspondants, en bloc, ce qui strictement est indiscutable, et il propose, *comme condition unique de vérification de la loi des états correspondants*, *la constance de ce coefficient* que je désignerai, comme M. Mathias, par a.

Cette condition est évidemment nécessaire, est-elle suffisante? L'égalité de a, pour deux substances, n'entraîne que le parallélisme des diamètres, supposés absolument rectilignes, mais nullement leur superposition; cette superposition, du reste, n'entraînerait nullement celle des courbes de saturation, et cette dernière superposition enfin n'entraînerait évidemment pas celle des isothermes et finalement celle des réseaux; il faudrait, pour démontrer que l'égalité de a entraîne même seulement la superposition des courbes de saturation, une connaissance des propriétés de l'équation d'état que nous ne possédons pas; de telle sorte que, pour le moment, l'expérience seule, c'est-à-dire l'étude comparée de réseaux, permet de se prononcer sur ce point; et il est prudent de rendre, ainsi que je me suis toujours efforcé de le faire, la théorie des états correspondants absolument indépendante de toute forme d'équation d'état; c'est là aussi un point sur lequel je reviendrai plus loin.

3. D'autre part, même en se restreignant à la comparaison des courbes de saturation, l'un des points intéressants de la question est l'examen des conditions permettant de former des groupes; à ce point de vue, la comparaison des valeurs de a n'est pas le seul procédé de classement qui se présente à l'esprit, on peut aussi tenter la comparaison des valeurs de $\mathcal{C}$.

Pour faciliter cette recherche, j'ai réuni, dans le Tableau qui suit, les

---

([1]) Dans le même travail (Congrès du froid, 1912), il résulterait d'une observation faite par M. Mathias que je n'ai considéré que des coefficients de *la forme* $p^m v^n t^s$, sans me préoccuper des dérivées; c'est un malentendu. J'ai écrit : des coefficients de *dimensions* $p^m v^n t^s$ et non pas de la *forme* $p^m v^n t^s$. Il va de soi que ces dimensions proviennent de celles des dérivées comme de celles des autres termes; il n'était point nécessaire de le dire, d'autant que tous les exemples que je donne contiennent des dérivées premières ou secondes; ce qui est le cas d'à peu près tous les coefficients physiques et thermodynamiques.

valeurs de a et de $\mathfrak{C}$ relatives à toutes les substances pour lesquelles la science possède des données expérimentales directes suffisantes, sur lesquelles il semble qu'on puisse compter. Toutes les données relatives aux substances organiques sont tirées des travaux de M. S. Young.

	$\mathfrak{C}$	a.	M.
Benzène	0,0218	0,909	78
Fluorobenzène	0,0216	0,918	96
Chorobenzène	0,0217	0,958	112,5
Bromobenzène	0,0215	0,965	157
Iodobenzène	0,0217	0,962	204
Pentane (normal)	0,0217	0,931	72
Hexane	0,0215	0,967	86
Heptane	0,0212	1,014	100
Octane	0,0212	1,075	114
Alcool méthylique	0,0180	1,082	32
» éthylique	0,0204	1,038	46
» propylique	0,0205	1,088	60
Formiate de méthyle	0,0210	0,997	60
» d'éthyle	0,0211	1,021	74
» de propyle	0,0212	1,025	88
Acétate de méthyle	0,0208	1,049	74
» d'éthyle	0,0208	1,061	88
» de propyle	0,0208	1,088	102
Propionate de méthyle	0,0210	1,055	88
» d'éthyle	0,0209	1,090	102
Diisopropyle	0,0219	0,884	86
Diisobutyle	0,0215	1,036	114
Oxygène	0,0245	0,815	32
Argon	0,0240	0,746	39,9
Acide carbonique	0,0227	0,858	44
Acide sulfureux	0,0225	1,053	64
Tétrachlorure de carbone	0,0223	0,0918	154
Chlorure stannique	0,0219	0,0994	260

Dans ce Tableau (notamment pour les substances organiques) les substances sont groupées par séries homologues; c'est pour les corps de telles séries qu'on est naturellement porté à se demander si les lois des états correspondants sont observées.

On voit que dans chaque groupe, comme l'a remarqué M. S. Young, la valeur de a croît avec le poids moléculaire.

Les valeurs de $\mathfrak{C}$ varient moins, pour l'ensemble des substances, que celles de a; et, pour les corps d'une même série, elles sont tellement voisines, que leurs différences ne dépassent pas celles qui peuvent être attribuées à des incertitudes expérimentales, inévitables dans des déterminations aussi délicates que celles des constantes critiques.

Il semble donc, d'après cela, que la valeur de $\mathfrak{C}$ soit caractéristique du groupe, tandis qu'au contraire ne pourraient appartenir au même groupe deux substances ayant même coefficient angulaire réduit (tout au moins pour les substances organiques).

4. Il peut être intéressant, pour se rendre compte de l'ensemble des écarts de la loi des états correspondants, de tracer un graphique des courbes de saturation, dans des conditions rappelant, dans une certaine mesure, celles que j'ai réalisées dans la méthode de superposition des réseaux. Le moyen qui se présente tout d'abord à l'esprit est de construire, en quantités réduites (par rapport au point critique), les courbes des densités; mais, si la loi des états correspondants n'est pas observée, les quantités réduites n'ont plus de sens précis, puisqu'il n'y a plus de points correspondants; et d'ailleurs comment placer ces courbes? Si on les construit simplement sur les mêmes axes, les points critiques coïncideront forcément, leurs coordonnées étant égales à l'unité, et cependant les valeurs des $\mathfrak{C}$ critiques ne sont plus les mêmes; les réseaux déformés et déplacés par le changement de variables doivent occuper, dans le sens des ordonnées, des positions liées d'une façon qui n'est pas arbitraire à l'ordre dans lequel les isothermes viennent couper l'ordonnée initiale; cette remarque faite, voici l'essai de coïncidence que nous allons tenter. Pour le comprendre, il faut se rappeler la remarque qui, précisément, a servi de base à la démonstration de la loi $\mathfrak{C} = \text{const.}$: les isothermes de fluides quelconques, rapportées aux poids moléculaires, viennent couper l'ordonnée initiale dans le même ordre que si elles faisaient partie d'un réseau d'un corps unique; dans ces conditions, en effet, l'ordonnée initiale (pv) pour chaque isotherme est RT, les fluides suivant la loi des gaz parfaits.

Maintenant, supposons d'abord que la loi des états correspondants soit observée, et portons sur l'axe des p les pressions réduites. Nous ramènerons évidemment les ordonnées initiales des isothermes correspondantes à être égales, en divisant chacune d'elles par sa température T, car alors elles

deviendront toutes égales à R; il en sera de même sur toute l'étendue des isothermes, les valeurs de $\mathcal{C}$ étant les mêmes pour les points correspondants, et les courbes de saturation auxquelles aboutissent les isothermes coïncideront (1).

On remarquera que, du reste, toutes les isothermes de tous les réseaux partiront du même point de l'ordonnée origine, celui dont l'ordonnée est égale à R. La construction de ces lignes, et par suite de la courbe de saturation, s'obtiendra donc simplement en portant en abscisses les pressions *réduites* et en ordonnées les valeurs de $\mathcal{C}$ *non réduites*.

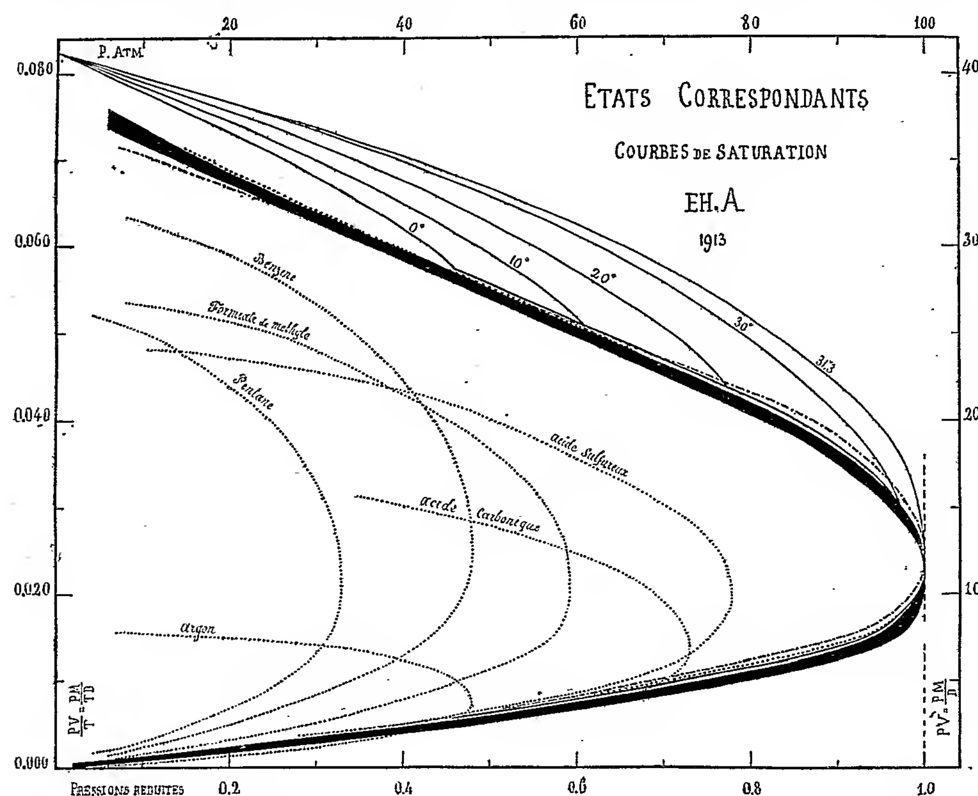
Supposons maintenant que, les pressions portées en abscisses étant toujours réduites, la loi des états correspondants ne soit plus rigoureusement observée; les isothermes vont se séparer, mais tout en continuant à partir d'un même point de l'ordonnée origine, celui de l'ordonnée égale à R; par suite, les courbes de saturation vont se séparer aussi, et les points critiques viendront s'échelonner sur l'ordonnée critique dans l'ordre des valeurs de $\mathcal{C}$ pour chaque substance. L'objection faite plus haut à propos des quantités réduites, pourrait être répétée ici, mais le cas n'est plus le même; on ne voit pas maintenant, dans le sens des pressions, de condition analogue à celle qui, dans le sens des ordonnées, imposait une position relative aux courbes comme conséquence de leur point de départ de l'ordonnée origine; il semble donc que la comparaison des courbes de saturation (et aussi des isothermes), construites comme il vient d'être dit, puisse donner une idée très nette de l'ensemble des écarts de la loi. On remarquera du reste que la pression est la seule quantité réduite qu'on utilise, on pourrait donc construire telle partie qu'on voudra des courbes, connaissant seulement la pression critique, la température et la densité critiques n'intervenant pas.

J'ai tracé, par le procédé que je viens d'indiquer, les courbes de saturation de tous les corps consignés au Tableau qui précède; comme dans un diagramme aussi réduit que celui qu'on a reproduit dans la figure ci-après, les courbes n'eussent pu être distinguées, j'ai tracé deux courbes limites, dont l'intervalle teinté en noir renferme toutes celles relatives aux substances organiques; j'ai ensuite tracé à part les courbes de l'acide carbonique (trait plein), de l'acide sulfureux (trait pointillé), et de l'argon (trait mixte); la courbe de l'acide sulfureux, trop rapprochée des autres et du ruban noir, n'a pu être tracée qu'en partie. Quant à la courbe de l'oxygène, je n'ai pu la tracer, elle est trop irrégulière, par suite certainement de l'incertitude rela-

(1) La loi des états correspondants est alors observée suivant la seconde façon dont parle M. Mathias.

tive aux pressions; celles-ci n'ont malheureusement pas été données par MM. Mathias et Kamerlingh Onnes dans leur récent travail sur la courbe de saturation de l'oxygène; j'ajouterai qu'une raison analogue pourrait bien laisser quelque incertitude sur la position de la courbe relative à l'argon (¹).

On voit qu'en réalité, pour toutes les substances, mais plus particulièrement pour les composés organiques, l'ensemble des écarts est notablement



plus petit qu'on se le figure généralement. Pour rendre la comparaison plus frappante, j'ai dessiné sur la même figure (aussi en p et $\mathcal{E}$), les courbes de saturation d'un certain nombre de substances, à une même échelle, et rapportées aux mêmes unités; si l'on tient compte de la différence énorme de forme, de position et de grandeur de ces courbes, le fait que la transformation qui vient d'être exposée les fasse toutes rentrer dans un espace aussi restreint, est significative, et montre qu'il est au moins fort exagéré de nier la loi des états correspondants, ou même de ne la considérer que

(¹) J'ai aussi tracé pour l'acide carbonique cinq des isothermes issues d'un même point de l'ordonnée initiale et aboutissant à la courbe de saturation.

comme grossièrement approximative, il y a certainement plus que cela dans la découverte de Van der Waals; encore faudrait-il tenir compte des incertitudes expérimentales, inévitables dans des recherches aussi délicates, et des perturbations qui peuvent être apportées par des phénomènes accessoires, comme les effets de condensation possible sur les parois, ou encore au voisinage du point critique par les phénomènes si bien étudiés par M. Gouy.

L'expérience montre, du reste, que pour les substances dont les valeurs de $\mathcal{E}$ sont sensiblement égales, et en même temps celles de a, les courbes coïncident d'une façon satisfaisante; c'est un point que, suivant la remarque faite plus haut, l'expérience seule pouvait montrer.

5. L'expression de $\mathcal{E}$ peut évidemment s'écrire $\frac{MP}{TD}$, M étant la masse moléculaire et D la densité, c'est même avec cette expression qu'ont été calculés les Tableaux qui ont servi à la construction des diagrammes. Or, M est supposé la masse moléculaire normale; il va de soi que si les corps subissent des polymérisations, les valeurs de $\mathcal{E}$ deviendront plus petites que si le corps avait conservé sa valeur moléculaire normale, cette dernière restant dans la formule. Il est intéressant de rapprocher ce point de vue de celui auquel s'était placé M. Ph.-A. Guye, en partant du coefficient critique et de la réfraction moléculaire, dans un très intéressant Mémoire inséré aux *Annales de Chimie et Physique*, en 1890.

Les considérations qui précèdent pourraient donc expliquer les écarts de la loi et, en fait, les chiffres consignés au Tableau qui précède corroboreraient cette manière de voir; en effet, dans les séries organiques, c'est pour celle des alcools dont la tendance à la polymérisation est connue, que la valeur de $\mathcal{E}$ est la plus petite; on remarquera que, pour l'alcool méthylique, cette valeur est exceptionnellement plus faible que pour les autres termes de la série. Pour l'acide acétique, dont la tendance à la polymérisation est considérable, la valeur de $\mathcal{E}$ tombe à 0,0165.

On remarquera enfin que, pour les substances non organiques, les valeurs de $\mathcal{E}$ sont sensiblement plus fortes, surtout pour les corps simples.

Il est donc permis de concevoir la loi des états correspondants comme celle de corps normaux, et les écarts seraient le fait de phénomènes accessoires, particulièrement de ceux de polymérisation.

Mais pour pousser plus loin l'examen de cette question, pour tenter d'arriver à la détermination d'un type normal, il faudrait des données expérimentales que la science est encore bien loin de posséder.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la valeur et un nouveau mode d'appréciation du quotient respiratoire des plantes vertes.* Note de MM. **L. Maquenne** et **E. Demoussy**.

Nous avons précédemment décrit les différentes méthodes qui permettent de déterminer expérimentalement la valeur du quotient respiratoire normal; il nous reste à faire connaître les résultats qu'elles nous ont donnés sur une série de plantes prises au hasard dans le jardin dont nous disposons.

Nous rappellerons d'abord que, quelles que soient les précautions que l'on prenne dans leur mise en pratique, ces méthodes comportent encore certaines causes d'erreur, indépendantes de la précision des analyses, et que ces erreurs agissent simultanément dans le même sens, concourant toutes à diminuer la valeur des rapports cherchés. Les nombres que nous donnons ici ne sont donc que des minima, vraisemblablement approchés par défaut à 0,02 près, soit environ $\frac{1}{50}$ de leur grandeur réelle, toujours voisine de 1.

Les analyses ont été faites au moyen de l'eudiomètre de M. Schlœsing, sur un volume gazeux d'au moins 40^{cm^3}, ce qui assure une approximation d'environ $\frac{1}{60}$ sur la valeur trouvée du rapport $\frac{CO^2}{O}$; nous estimons, en conséquence, abstraction faite, bien entendu, des perturbations physiologiques qui peuvent survenir au cours des expériences, que la somme des erreurs d'ordre physique et expérimental qui peuvent encore entacher nos résultats ne dépasse pas, au maximum, trois unités de la seconde décimale, naturellement par défaut, comme nous venons de le faire remarquer.

Quelques-unes des espèces étudiées ont donné lieu à plus de 40 déterminations, soit par la méthode du vide, soit par celle de déplacement; nous ne rapporterons ici que la moyenne de celles qui nous paraissent inspirer le plus de confiance, réservant à un Mémoire plus étendu leur exposition en détail. C'est grâce à leur grand nombre et à la diversité des conditions dans lesquelles on les a faites que nous avons pu reconnaître et préciser les influences perturbatrices dont nous avons antérieurement parlé, notamment celles de l'épuisement et de sensibilité aux conditions antérieures.

Presque dans tous les cas, les expériences ont été effectuées à la température de 25° et pendant la période de végétation active, c'est-à-dire au printemps et au commencement de l'été.

Espèces.	$\frac{CO^2}{O}$.	Espèces.	$\frac{CO^2}{O}$.
Ailante	1,08	Lilas	1,07
Ailante (automne)	0,95	Lis	1,07
Aspidistra	0,94	Mahonia (¹)	0,95
Aucuba	1,11	Maïs	1,07
Begonia	1,11	Maïs (octobre)	0,97
Betterave	1,03	Marronnier jeune	1,02
Blé avant fleur	1,03	Marronnier (été)	0,92
Blé (juin)	0,95	Œillette jeune	1,09
Chou commun	1,07	Œillette (juillet)	0,97
Chou-rave	1,11	Oseille	1,04
Chrysanthème	1,02	Phyllocactus grandiflorus (¹)	1,04
Cotyledon ramosissima (¹)	1,05	Poirier	1,10
Crassula portulacea (¹)	0,94	Pois	1,07
Dahlia	1,07	Rhubarbe	1,02
Euphorbia mamillaris (¹)	1,01	Ricin	1,03
Fusain du Japon	1,08	Rosier	1,02
Géranium	1,02	Sarrasin	1,04
Haricot jeune	1,12	Sedum acre	1,07
Haricot fructifère	0,97	Tabac	1,03
Joubarbe	1,10	Troène jeune	1,03
Laurier-cerise	1,03	Troène (octobre)	0,97
Laurier-rose	1,05	Vigne	1,01
Lierre	1,08	Vigne vierge	1,00

On voit, et c'est là ce qui frappe davantage à l'examen de ce Tableau, que le quotient respiratoire chez les plantes jeunes est pour ainsi dire toujours supérieur à l'unité; les seules exceptions nous sont offertes par l'*Aspidistra*, espèce singulière et absolument remarquable par sa faible intensité respiratoire, le *Crassula portulacea* et le *Mahonia*, qui n'ont été examinés que pendant l'arrière-saison, et, par conséquent, doivent être mis hors de cause.

Ces nombres surpassent de beaucoup ceux qui ont été donnés par nos prédécesseurs; la différence tient à ce que ces derniers ont opéré le plus souvent par la méthode de l'air confiné, qui ne donne que des rapports apparents, très inférieurs, comme nous l'avons établi par le calcul et par l'expérience, aux rapports réels.

Quand, en outre, on compare avec soin, sur les tableaux détaillés, les résultats obtenus avec la même plante à différentes époques, on constate que très souvent le quotient respiratoire diminue quand le sujet vieillit,

(¹) Expériences faites seulement en automne ou en hiver.

comme il diminue sur une feuille que l'on conserve à l'obscurité, et que même il peut, vers la fin de la végétation, devenir plus petit que 1 : c'est ce qu'on voit chez l'Ailante, au mois de novembre, le Blé, le Haricot et l'Œillette au moment de la maturation, les vieilles feuilles de Lierre, le Maïs et le Troène en octobre. C'est un effet du même genre qui se produit chez le Marronnier dès le début de l'été, comme l'ont du reste déjà reconnu MM. Bonnier et Mangin ; il coïncide avec l'apparition des premiers bourgeons, de même que l'abaissement du quotient respiratoire chez le Blé, le Haricot et l'Œillette coïncide avec la formation de leurs fruits, par conséquent avec un transport actif des principes élaborés vers les organes de réserve. C'est un véritable épuisement qui se produit alors, et l'on peut dire, sous forme de règle applicable à toutes les espèces mentionnées ci-dessus, sauf seulement l'*Aspidistra :*

Le coefficient respiratoire des feuilles vertes est plus grand que 1 *pendant toute leur période de végétation active; son décroissement et surtout son abaissement au-dessous de l'unité sont un signe de dégénérescence.*

En d'autres termes, un organe qui s'oxyde est un organe atteint de sénilité, qui est épuisé de ses matériaux combustibles, ce que montre, d'autre part, l'énorme diminution de son énergie respiratoire, et qui ne vit plus que pour céder à la plante, sans profit pour lui-même, la totalité des principes utiles qu'il renferme ou qu'il peut produire encore.

Remarquons que ceci est en parfaite concordance avec ce qu'on sait de la composition élémentaire des plantes annuelles, qui renferment proportionnellement moins d'oxygène dans leur jeune âge que plus tard.

Les fruits, les pétioles et le jeune bois donnent, en général, aussi un quotient respiratoire plus grand que 1, même quand celui des feuilles s'est abaissé au-dessous de l'unité; c'est un correctif à l'oxydation que subissent alors ces dernières, mais sans doute peu efficace à cause de la plus faible intensité respiratoire des organes en question.

Les résultats que nous venons d'exposer présentent un double intérêt : d'abord ils font connaître la véritable grandeur des rapports $\frac{CO^2}{O}$ et précisent ainsi la nature des échanges respiratoires normaux, au sujet desquels on ne possédait encore aucune donnée quantitative exacte ; ensuite ils nous montrent, et cette conclusion est fort importante par les conséquences qu'elle entraîne, que la respiration est, chez la plante en voie d'accroissement, un processus de réduction et non d'oxydation.

Nous pouvons donc dès à présent affirmer, en réponse à la question que

nous nous étions posée au début même de ce travail, que la respiration doit être mise au nombre des influences que la nature met en jeu pour donner à la substance végétale la composition qu'on lui connaît; il reste à voir si elle est capable, à elle seule, de produire cet effet.

Un calcul simple montre qu'il suffirait pour cela que le quotient respiratoire normal, chez une plante à croissance rapide, soit égal à 1,02; ce n'est là, évidemment, qu'un nombre grossièrement approximatif, il n'en est pas moins intéressant par son ordre de grandeur, qui le rend tout à fait comparable à ceux que nous a donnés l'expérience directe, et même en général inférieur. La conséquence en est que le seul fait, constaté par nous, que le quotient respiratoire réel des feuilles en état de végétation active est plus grand que 1 permet de comprendre pourquoi les plantes renferment moins d'oxygène que l'hydrate de carbone élémentaire CH^2O que l'on suppose être l'origine de tous leurs principes immédiats. Si la fonction chlorophyllienne intervient pour compléter à cet égard l'œuvre de la respiration, ce ne peut être que très accessoirement, dans une mesure qu'on ne pourra connaître qu'à la suite d'une étude spéciale, dirigée expressément vers ce but.

Si, dans la végétation normale, la fonction chlorophyllienne n'exerce qu'une faible influence sur la grandeur du quotient global qui résume l'ensemble de ses échanges gazeux avec l'atmosphère, elle deviendra sensiblement négligeable si l'on réduit à son minimum le phénomène d'assimilation. Admettons donc que le coefficient chlorophyllien réel, c'est-à-dire dégagé de la respiration, soit dans ces circonstances égal à 1; admettons en outre, avec MM. Bonnier et Mangin, que le quotient respiratoire reste le même à la lumière qu'à l'obscurité et considérons une feuille exposée au soleil dans l'air pur; elle n'aura à décomposer que l'acide carbonique fourni par sa respiration et il en résultera un volume d'oxygène égal à celui de cet acide carbonique, donc plus grand ou plus petit que celui de l'oxygène absorbé, suivant que le quotient respiratoire est lui-même plus grand ou plus petit que 1. En vase clos il se produira, en ce qui concerne l'azote, un changement de composition analogue à celui qu'on observerait à l'obscurité sous une densité de chargement infiniment petite et il n'y aura pas lieu de faire intervenir, pour interpréter le résultat, ni le volume des feuilles employées, ni la solubilité des gaz, puisque l'atmosphère confinée reste alors toujours exempte d'acide carbonique.

Il suffira donc, pour savoir si le rapport $\frac{CO^2}{O}$ est plus grand ou plus petit

que l'unité, de chercher si dans cette atmosphère la proportion d'azote diminue ou augmente; les changements de composition sont en général faibles, surtout si le quotient respiratoire est très voisin de 1, mais, l'azote pouvant être dosé, dans l'eudiomètre, à 2 dix-millièmes près, la méthode présente encore, au point de vue qualitatif, une assez grande sensibilité.

Pratiquement, nous nous servons d'une éprouvette bouchant à l'émeri, dans laquelle, pour diminuer le volume des gaz, on place un large tube de verre, scellé aux deux bouts; les feuilles sont disposées entre ce tube et les parois intérieures de l'éprouvette; le tout, si l'on opère au soleil, est plongé dans un bain d'eau pour éviter un échauffement excessif des feuilles. Après au moins 30 minutes, on transporte le système sur la cuve à mercure et l'on en extrait les gaz par simple transvasement. Il n'est pas à recommander de prolonger longtemps l'expérience parce que les feuilles, ne trouvant pas dans le milieu qui les environne une quantité d'acide carbonique assez grande pour régénérer leurs principes respiratoires, s'épuisent assez vite : aussi les modifications de l'atmosphère confinée ne sont-elles que bien rarement proportionnelles au temps. Enfin une bonne précaution à prendre est d'employer des feuilles cueillies à une bonne lumière diffuse, de façon à être certain qu'elles ne renferment pas d'acide carbonique occlus ou dissous, dont la présence aurait naturellement pour effet d'augmenter la proportion finale d'oxygène.

Boussingault d'abord, puis dans ces derniers temps M. Aubert, ont effectué déjà quelques recherches dans une direction analogue à celle-ci; mais, ne connaissant par la véritable valeur du quotient respiratoire des plantes qu'ils ont étudiées, ces auteurs n'ont pu tirer de leurs résultats aucune conclusion précise; les nôtres, comme on va le voir, sont au contraire de la plus grande netteté.

Les expériences ayant été faites dans l'air ordinaire, l'atmosphère initiale contenait partout 79,01 pour 100 d'azote.

Espèces.	$\frac{CO^2}{O}$.	Durée.	Az p. 100.	Espèces.	$\frac{CO^2}{O}$.	Durée.	Az p. 100.
Ailante..........	1,08	40^m	78,99	Marronnier (été)..	0,92	30^m	79,06
Chrysanthème....	1,02	2^h	78,92	Marronnier (été)..	0,92	6^h	79,19
Chrysanthème ...	1,02	8^h	78,46	Oseille..........	1,04	30^m	78,21
Dahlia..........	1,07	2^h	78,74	Oseille..........	1,04	2^h	79,22
Fusain..........	1,08	45^m	78,87	Oseille..........	1,04	9^h	79,96
Géranium.......	1,02	30^m	78,89	Phyllocactus.....	1,04	5^h	78,53
Haricot jeune....	1,07	2^h	78,69	Pois............	1,07	2^h	78,88
Haricot fructifère.	0,97	2^h	79,11	Tabac...........	1,03	2^h	78,92
Joubarbe........	1,10	1^h	76,49	Troène..........	1,03	7^h	78,46
Maïs............	1,07	45^m	78,69	Vigne (juillet)...	0,99	2^h	79,15

Il est absolument remarquable que les seuls cas où le dosage de l'azote se

trouve, à la fin de l'expérience, supérieur à celui du début sont ceux où le quotient respiratoire est normalement plus petit que 1 (Haricot fructifère, Marronnier et Vigne en été) ou le devient dans l'appareil par suite de l'épuisement rapide de la feuille (Oseille).

Une pareille coïncidence ne pouvant être due au hasard, il faut en conclure, d'abord à une vérification de nos résultats antérieurs, ce qui n'est pas sans importance, ensuite, conformément à nos prévisions, que c'est bien la respiration qui détermine le sens des échanges gazeux dans une atmosphère où l'assimilation est réduite à son minimum.

Tous ces faits sont de nature à diminuer singulièrement le rôle que l'on pouvait, *a priori*, attribuer à la fonction chlorophyllienne dans ses rapports avec la composition élémentaire des tissus végétaux; si réellement il est négligeable, et il semble bien qu'il le soit dans les conditions des expériences dont nous venons de parler, l'étude de la respiration à la lumière, conduite comme on vient de le dire, constitue l'un des meilleurs moyens que l'on puisse employer pour reconnaître si le quotient respiratoire normal, à l'obscurité, est plus grand ou plus petit que 1; ses indications concordent exactement avec celles de la méthode manométrique, ainsi qu'on pouvait le prévoir et ainsi que nous nous en sommes assurés par un grand nombre d'expériences comparatives. C'est donc une méthode de contrôle qui mérite d'être prise en sérieuse considération, d'autant plus qu'elle vient fournir une nouvelle preuve à l'appui de cette hypothèse, formulée pour la première fois par MM. Bonnier et Mangin, et démontrée par ces savants dans un certain nombre de cas, que le quotient respiratoire a la même valeur à la lumière qu'à l'obscurité.

En présentant à l'Académie le *Recueil de Constantes physiques*, publié par la *Société française de Physique*, Recueil à la préparation duquel il a collaboré, M. **Amagat** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de déposer sur le Bureau de l'Académie le *Recueil de Constantes physiques*, publié par la *Société française de Physique*. Les Tableaux de ce Recueil ont été établis, d'après les Mémoires originaux, par de nombreux collaborateurs, et l'ensemble a été coordonné par les soins de MM. H. Abraham et P. Sacerdote. L'impression, particulièrement soignée, est due à la maison Gauthier-Villars.

Aucun travail de ce genre et d'une telle ampleur n'avait encore été réalisé en France, et ce Recueil de Constantes était depuis longtemps réclamé par

les Physiciens. Il constitue un progrès considérable sur les publications similaires qui ont été faites à l'étranger, par son étendue même, et surtout par la règle qu'on s'y est imposée de choisir les expériences et de sélectionner les nombres.

Cette importante publication de la Société française de Physique mérite de retenir l'attention de l'Académie par la haute valeur scientifique des nombreux collaborateurs qui lui ont apporté leur concours.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur la croissance adiabatique de l'entropie.* Note de M. **Pierre Duhem.**

On ne révoque guère en doute la généralité de cette proposition :

Si un système est enfermé dans une enveloppe imperméable à la chaleur, toute modification réelle, accompagnée d'un travail de viscosité, entraîne un accroissement de l'entropie.

S'il se rencontre des sujets de litige, c'est au moment où il s'agit de déduire rigoureusement cette proposition de postulats nettement énoncés et compatibles avec les lois connues.

En notre *Traité d'Énergétique*, nous n'avons donné une telle déduction que pour les systèmes sur lesquels le mouvement de la température est régi par la théorie de la conductibilité. Mais, d'autre part, pour construire la théorie de la conductibilité, nous avions invoqué (1) le postulat suivant, que l'on peut regarder comme une formule du célèbre axiome de Clausius :

Traçons, à l'instant t, une surface fermée S qui soit comprise en entier à l'intérieur de corps qui font partie du système; si cette surface coupe certaines surfaces de discontinuité, elle n'a en commun avec elles aucune aire d'étendue finie. Supposons *que la surface* S *soit, en tous ses points, portée à la même température* ϑ; supposons, en outre, que le sens dans lequel varie la température lorsqu'on traverse la surface S de l'intérieur vers l'extérieur soit le même en quelque point que l'on traverse la surface S. Nous admettrons que, *dans le temps dt, le corps délimité par la surface* S *dégage nécessairement de la chaleur si la température* ϑ *diminue lorsqu'on*

(1) *Traité d'Énergétique*, t. II, p. 211.

franchit la surface S *de l'intérieur vers l'extérieur, et qu'il absorbe de la chaleur si elle augmente.*

Or ce postulat permet de démontrer directement, et sans passer par l'hypothèse que la théorie de la conductibilité régit le mouvement de la température, la proposition relative à l'accroissement adiabatique de l'entropie.

Cette démonstration suppose, toutefois, que l'on ait dégagé la définition de *corps imperméable à la chaleur* de toute considération empruntée à la théorie de la conductibilité. Remettant à une autre circonstance la recherche d'une telle définition, nous supposerons simplement ici qu'elle satisfasse aux deux conditions suivantes :

1° Le postulat précédent demeure vrai pour un corps enclos en partie par la surface isotherme S, en partie par un corps imperméable à la chaleur.

2° Une modification réelle d'un système enfermé dans une enceinte imperméable à la chaleur dégage une quantité de chaleur égale à zéro.

Pour éviter les longueurs, nous exclurons la considération de toute surface le long de laquelle deux corps contigus glisseraient avec viscosité. La quantité de chaleur dégagée, pendant le temps dt, par un corps quelconque du système est alors la somme algébrique des quantités de chaleur dégagées, dans le même temps, par les parties en lesquelles la pensée le peut diviser.

Soit un système enfermé dans une enceinte imperméable à la chaleur. A l'instant t, $\mathfrak{I}_0$ est la plus basse température du système, $\mathfrak{I}_1$ la plus haute, $\mathfrak{I}$ une température comprise entre $\mathfrak{I}_0$ et $\mathfrak{I}_1$. Si, du système, nous supprimons toutes les parties dont la température est inférieure à $\mathfrak{I}$, il reste un système partiel $C(\mathfrak{I})$, qui est le système total si $\mathfrak{I} = \mathfrak{I}_0$ et qui se réduit à rien si $\mathfrak{I} = \mathfrak{I}_1$. Dans le temps dt, le système $C(\mathfrak{I})$ dégage une quantité de chaleur $p(\mathfrak{I})\,dt$. Évidemment, $p(\mathfrak{I}_0)$ et $p(\mathfrak{I}_1)$ sont nuls; pour toute valeur de $\mathfrak{I}$ supérieure à $\mathfrak{I}_0$ et inférieure à $\mathfrak{I}_1$, $p(\mathfrak{I})$ est positif, en vertu de notre postulat.

Soit $d\mathfrak{I}$ un accroissement infiniment petit et positif de $\mathfrak{I}$. Le système partiel $C(\mathfrak{I})$ se compose du système partiel $C(\mathfrak{I}+d\mathfrak{I})$ et de tous les éléments du système dont la température est comprise entre $\mathfrak{I}$ et $(\mathfrak{I}+d\mathfrak{I})$. Partant, la quantité de chaleur $p(\mathfrak{I})\,dt$ dégagée par le premier système sera égale à la quantité de chaleur $p(\mathfrak{I}+d\mathfrak{I})\,dt$ dégagée par le second, plus la somme des quantités de chaleur dégagées par ces éléments.

Soient dm la masse d'un de ces éléments; $d\varpi$ son volume; ρ sa densité; $\sigma\,dm$ son entropie; $R\,d\varpi\,dt$ le travail, dans le temps dt, de la viscosité intrinsèque à cet élément;

$F(\mathfrak{S})$ la température absolue; nous aurons

$$p(\mathfrak{S}) = p(\mathfrak{S}+d\mathfrak{S}) - \int \left[F(\mathfrak{S}) \rho \frac{d\sigma}{dt} + R \right] d\varpi$$

ou bien

$$\frac{1}{F(\mathfrak{S})} \frac{dp(\mathfrak{S})}{d\mathfrak{S}} d\mathfrak{S} = \int \left[\rho \frac{d\sigma}{dt} + \frac{R}{F(\mathfrak{S})} \right] d\varpi,$$

l'intégrale du second membre s'étendant à tous les éléments de volume dont, à l'instant t, la température est comprise entre $\mathfrak{S}$ et $\mathfrak{S} + d\mathfrak{S}$.

Intégrons cette égalité entre $\mathfrak{S}_0$ et $\mathfrak{S}_1$; en désignant par $\mathfrak{s}$ l'entropie totale du système, nous trouverons

$$\frac{d\mathfrak{s}}{dt} = \int_{\mathfrak{S}_0}^{\mathfrak{S}_1} \frac{1}{F(\mathfrak{S})} \frac{dp(\mathfrak{S})}{d\mathfrak{S}} d\mathfrak{S} - \int \frac{R}{F(\mathfrak{S})} d\varpi.$$

Au second membre, la seconde intégrale s'étend au volume entier du système.

La fonction $p(\mathfrak{S})$ s'annule pour $\mathfrak{S} = \mathfrak{S}_0$ et $\mathfrak{S} = \mathfrak{S}_1$. L'égalité précédente peut donc s'écrire

$$\frac{d\mathfrak{s}}{dt} = \int_{\mathfrak{S}_0}^{\mathfrak{S}_1} \frac{p(\mathfrak{S}) F'(\mathfrak{S})}{[F(\mathfrak{S})]^2} d\mathfrak{S} - \int \frac{R}{F(\mathfrak{S})} d\varpi.$$

La fonction $p(\mathfrak{S})$ est positive pour toute valeur de $\mathfrak{S}$ comprise entre $\mathfrak{S}_0$ et $\mathfrak{S}_1$; d'autre part, R ne peut être que nul ou négatif.

La proposition considérée est donc démontrée.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Chimie, en remplacement de *Sir William Ramsay*, élu Associé étranger.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 43,

M. Graebe	obtient..........	40 suffrages
M. Charpy	»	2 »
M. Ciamician	»	1 suffrage

M. **Graebe**, ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Le Tome LX des *Archives de Médecine et de Pharmacie militaires*, publiées par ordre du Ministre de la Guerre.

2° *Machines électriques. Théorie, essais et construction*, par A. Mauduit; avec une Préface de A. Blondel. (Présenté par M. J. Violle.)

3° G. André. *Chimie agricole. Chimie du sol.* (Présenté par M. A. Müntz.)

GÉOMÉTRIE. — *Les correspondances algébriques existant sur les courbes d'un système linéaire tracées sur une surface.* Note de M. **Francesco Severi**, présentée par M. Émile Picard.

1. Soit d'abord F une surface algébrique régulière ($p_g = p_a$) et $|C|$ un système linéaire irréductible ∞^r ($r \geqq 1$), dont le degré soit > 0, de courbes de genre p, tracées sur la surface.

Je me suis proposé de caractériser, autant qu'il était possible, les correspondances algébriques entre les points d'une courbe C d'un tel système. Et j'ai obtenu ce résultat inattendu :

Toute correspondance existant entre les points de la courbe générale d'un système linéaire $|C|$ *dont le degré soit* > 0, *tracé sur une surface régulière, est douée d'une valeur* (*Werthigkeit*) γ.

C'est-à-dire qu'étant donnée une correspondance (α, β) entre les points x, y de la courbe générale C du système, on peut toujours déterminer un nombre entier γ ($\gtreqless 0$), tel que le groupe formé par les β points $y', y'', \ldots, y^{\beta}$, correspondant au point x variable sur C et par le point même, compté γ fois, se meut dans une série linéaire.

En particulier on a que : *toute courbe plane variable dans un système linéaire ne possède d'autres correspondances que des correspondances à valeur.* Il va sans dire qu'une courbe particulière du système peut admettre aussi des correspondances n'ayant pas une *valeur* (*correspondances singulières*).

Une conséquence remarquable du théorème énoncé, c'est que les rela-

tions quadratiques, données par M. Hurwitz dans un Mémoire classique (*Math. Annalen*, Bd. 28), liant les $\frac{p(p+1)}{2}$ périodes des intégrales normales de première espèce d'une courbe de genre p, possédant des correspondances singulières, sont tout à fait *indépendantes* des $\frac{(p-2)(p-3)}{2}$ relations *inconnues*, qui doivent être satisfaites pour que $\frac{p(p+1)}{2}$ quantités puissent être regardées comme les périodes des intégrales normales d'une courbe de genre p. De sorte que les relations de M. Hurwitz ne sont pas satisfaites pour la courbe la plus générale de genre p.

La démonstration du théorème énoncé s'appuie sur les considérations suivantes :

Au moyen du système $|C'|$ adjoint à $|C|$, on détermine rationnellement p intégrales abéliennes indépendantes de première espèce sur toute courbe C : soit $u_1, u_2, \ldots, u_p$. On peut ensuite définir sur toute courbe C, les périodes normales $(\omega_{h1}, \omega_{h.p+1}), (\omega_{h2}, \omega_{h.p+2}), \ldots, (\omega_{hp}, \omega_{h.2p})$, de l'intégrale u_h, relatives aux cycles $(\sigma_1, \sigma_{p+1}), (\sigma_2, \sigma_{p+2}), \ldots, (\sigma_p, \sigma_{2p})$ d'un système de rétrosections riemanniennes. Lorsque ces rétrosections dérivent par continuité des rétrosections fixées sur une courbe particulière C_1 de genre p, les périodes ω sont définies sur toute courbe C, par un certain groupe G de substitutions linéaires unimodulaires à coefficients entiers près.

En se bornant à la considération d'un faisceau Σ de $|C|$, et en désignant par λ le paramètre qui détermine la courbe C dans le faisceau, le groupe G se réduit au groupe de l'équation différentielle E de Fuchs-Picard, dont les coefficients sont des fonctions rationnelles de λ, à laquelle satisfont les périodes d'une intégrale abélienne de C, aux cycles σ.

Une correspondance $T(\alpha, \beta)$ existant sur C et variable avec la courbe est représentée par les relations

$$(1) \qquad u_h(y') + \ldots + u_h(y^\beta) \equiv \sum_{i=1}^{p} \pi_{hi} u_i(x) + \pi_h \qquad (h = 1, 2, \ldots, p),$$

les π_{hi} étant, *a priori*, des fonctions de λ, indépendantes de la position de x sur C. Des relations (1) on déduit tout de suite

$$(2) \qquad \sum_{i=1}^{p} \pi_{hi}\omega_{ir} = \sum_{s=1}^{2p} a_{sr}\omega_{hs} \qquad \begin{pmatrix} r = 1, 2, \ldots, 2p \\ h = 1, 2, \ldots, p \end{pmatrix},$$

où les a sont des entiers indépendants de l'indice h (entiers caractéristiques de T).

Lorsque les ω sont données, on démontre que les π, a sont déterminées univoquement les unes par les autres.

Cela étant posé, faisons circuler le paramètre λ, à partir d'une valeur initiale et en y revenant. La T aboutit en général à une nouvelle correspondance T′, dont les indices sont toujours (α, β). Mais comme dans la variation *continue* de C et de T, les *entiers* a ne sauraient pas varier, les entiers caractéristiques de T′ par rapport aux périodes transformées ω', seront toujours les a; tandis que les entiers caractéristiques de T, par rapport aux ω, sont en général des nombres a' différents des a. Toutefois, on prouve que, quoique le groupe discontinu G soit d'ordre infini, les entiers a' ne peuvent recevoir qu'un nombre *fini* de systèmes de valeurs, car les correspondances aux mêmes indices (α, β), se distribuent sur C en un nombre fini de systèmes continus.

D'un autre côté, en opérant sur les ω avec les substitutions génératrices de G, dont M. Picard a donné la forme, on trouve, dans le cas d'une surface régulière, que pour que les a' ne puissent recevoir qu'un nombre fini de système de valeurs, il faut que

$$a_{11} = a_{22} = \ldots = a_{2p,2p} = -\gamma, \qquad a_{rs} = 0 \, (r \neq s).$$

Cela signifie que la correspondance T a la *valeur* γ.

2. *Lorsque la surface* F *a l'irrégularité* $q = p_g - p_a > 0$, en déterminant rationnellement sur toute C les intégrales $u_1, u_2, \ldots, u_p$, au moyen du système adjoint $|C'|$ et des q intégrales simples de première espèce, attachées à F, on arrive d'une façon semblable à la conclusion que *les systèmes continus de correspondances singulières existant sur la courbe générale* C *d'un système linéaire* $|C|$, *dont le degré soit* > 0, *tracé sur* F, *sont univoquement déterminés par les systèmes continus de correspondances singulières existant sur la variété de Picard attachée à* F, de sorte que, lorsque cette variété est tout à fait arbitraire, on a toujours seulement sur C des correspondances à valeur.

En se rappelant la notion de *dépendance* entre plusieurs correspondances d'une même courbe (voir Hurwitz, *loc. cit.*, et mon Mémoire dans les *Memorie della R. Acc. di Torino*, 1903), on voit de plus que *le nombre des correspondances indépendantes existant sur la susdite courbe* C, *ne peut pas dépasser* $2q^2$ *et l'on peut toujours construire des surfaces* F, *pour lesquelles cette limite est atteinte.*

GÉOMÉTRIE. — *Sur les surfaces algébriques qui possèdent un faisceau irrationnel de courbes de genre* 2. Note de M. A. **Rosenblatt**, présentée par M. Émile Picard.

1. Dans une Note que j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie, j'ai fait voir que les surfaces de genres $p_g > 2p_a + 4$ possèdent, si elles existent, un faisceau de genre $p_g - p_a$ de courbes de genre 2, mais que si l'on a $p_g = 2p_a + 4$, et si les courbes du faisceau sont également de genre 2, le genre du faisceau est $p_g - p_a$, ou bien la surface possède deux faisceaux (de genres $p_g - p_a - 2$ et 2) de courbes unisécantes. J'ajouterai que, si le genre des courbes dépasse le nombre 2, le genre du faisceau est numériquement limité ($\leqq 6$).

Or l'étude du système canonique algébrique qui conduit à ces résultats, permet d'obtenir des renseignements plus précis sur les surfaces irrégulières de genres arbitraires, possédant un faisceau irrationnel de courbes de genre 2. En effet, si le genre π' est plus petit que $p_g - p_a$, alors ou bien il est égal à $p_g - p_a - 1$, et la surface possède un système algébrique ∞^1 de courbes isolées, ou bien ce genre est égal à $p_g - p_a - 2$, et alors le système algébrique se compose de ∞^2 courbes isolées.

Dans le premier cas, ce système est certainement elliptique (Castelnuovo). Donc la surface possède un faisceau elliptique de courbes ou bien un faisceau composé avec une involution elliptique. Ce faisceau est nécessairement *différent* du faisceau qui existe déjà sur la surface, car les courbes C du système algébrique $\{C\}$ ne découpent pas des groupes équivalents sur les courbes du faisceau $\{k\}$ donné (Severi). Donc la surface possède, outre le faisceau donné, un second faisceau elliptique de courbes. Les modules des courbes k ne sont pas constants, autrement la surface posséderait ou bien un faisceau linéaire dont les courbes formeraient les courbes C

$$(\pi' = p_g - p_a),$$

ou bien un faisceau hyperelliptique de genre 2 $(\pi' = p_g - p_a - 2)$.

Dans le second cas, la variété de M. Picard, qui représente le système $\{C\}$ est une surface hyperelliptique de M. Picard. Donc la surface donnée est ou bien représentable sur une surface hyperelliptique de M. Picard multiple avec une certaine courbe de diramation, ou bien elle possède un faisceau hyperelliptique de genre 2 de courbes, ou enfin elle possède deux

faisceaux elliptiques de courbes. Elle pourrait aussi posséder, au lieu de ces faisceaux, des involutions de ces genres dans des faisceaux irrationnels.

On écarte la première supposition de la manière suivante : L'image du faisceau donné $\{k\}$ sur la surface de M. Picard serait un système algébrique de courbes de genre 2 ; mais comme cette surface possède un groupe ∞^2 de transformations permutables, toutes ces courbes devraient posséder mêmes modules. Donc aussi les courbes du faisceau donné devraient posséder mêmes modules, ce qui contredit la supposition, d'après ce qu'on a vu. D'ailleurs la surface image du système $\{C\}$ serait alors une surface de Jacobi, puisqu'elle posséderait un système ∞^2 de courbes de genre virtuel = effectif 2.

Donc la surface F possède ou bien un faisceau hyperelliptique du genre 2, différent du faisceau $\{k\}$, d'après ce qu'on a vu, ou bien elle contient deux faisceaux elliptiques. Donc, en général, une surface avec un faisceau de courbes de genre 2 possède $\pi' = p_g - p_a$ et il en peut être de même si les modules de ces courbes sont constants, ou si ces courbes contiennent deux involutions elliptiques.

Envisageons maintenant la courbe de coïncidence de l'involution I_2, qui existe sur notre surface F. Cette courbe D coupe les courbes k du faisceau en six points et le double de cette courbe est équivalent à six courbes L canoniques de la surface ou bien il en diffère par des courbes k du faisceau. On peut donc écrire

$$2D \equiv 6L + \nu k,$$

ν entier. Donc le nombre des points de rencontre de la courbe D et d'une courbe L canonique est

$$3(p^{(1)} - 1) + \nu.$$

La formule de Zeuthen donne alors la relation suivante entre le genre $p^{(1)}$ de la courbe L et le genre L^* de son image sur la surface réglée F^*, image de l'involution

$$(1) \qquad p^{(1)} = -4\pi' - \nu + 5.$$

La relation de Severi entre les invariants de Zeuthen-Segré des deux surfaces F et F^*

$$I = 2I^* + 2 + 2\pi_D,$$

π_D étant le genre de la courbe de coïncidence, donne alors

$$(2) \qquad p_a = -\frac{\nu}{2} - 5\pi' + 4.$$

La formule (1) nous a été communiquée par M. Godeaux, qui a étudié la correspondance entre les surfaces F et F*. On tire de (1) et (2) l'égalité

$$p^{(1)} - 2p_a = 6\pi' - 3. \tag{3}$$

Donc on parvient à l'inégalité

$$\pi' \leqq p_a + 2.$$

Donc, si le genre π' est égal à $p_g - p_a - \varepsilon$, $\varepsilon = 1$ ou 2, on trouve

$$p_g \leqq 2p_a + 2 + \varepsilon.$$

Nous avons donc le résultat suivant :

Les seules surfaces avec $p_g \geqq 2p_a + 4$ sont celles de genres $p_g = 2p_a + 4$, avec deux faisceaux unisécants de genres $p_g - p_a - 2$ et 2, à l'exception peut-être de surfaces dont les courbes k sont de genre supérieur à 2 (le genre π' étant $\leqq 6$, et bien entendu on a $p_g = 2p_a + 4$), et naturellement des surfaces avec un faisceau de courbes elliptiques.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Quelques remarques sur les systèmes complets de fonctions orthogonales*. Note (¹) de M. **V. Kostitzin**, présentée par M. Émile Picard.

1. Parmi les systèmes divers de fonctions orthogonales, le système trigonométrique

$$\frac{1}{2}, \quad \sin x, \quad \cos x, \quad \ldots, \quad \sin nx, \quad \cos nx, \quad \ldots$$

a une particularité intéressante : les parties de ce système

$$\frac{1}{2}, \quad \cos x, \quad \ldots, \quad \cos nx, \quad \ldots; \quad \sin x, \quad \ldots, \quad \sin nx, \quad \ldots$$

sont des systèmes complets dans l'intervalle $(0, \pi)$, mais elles cessent d'être complètes dans l'intervalle $(0, 2\pi)$ tout en restant orthogonales et le système complet est leur ensemble.

Il serait intéressant de savoir en quelle mesure l'orthogonalité d'un système de fonctions dans une partie de l'intervalle initial est liée avec sa

(¹) Présentée dans la séance du 20 janvier 1913.

propriété d'être complet dans l'intervalle entier. La réponse à cette question est donnée par le théorème suivant :

Si un système de fonctions

(1) $$\varphi_1, \quad \varphi_2, \quad \ldots, \quad \varphi_n, \quad \ldots$$

orthogonal et normal sur l'ensemble de points A(Mes A $>$ o) *est orthogonal sur l'ensemble* B(Mes B $>$ o), B *étant une partie de* A, *ce système ne peut pas être complet sur l'ensemble* A.

2. Posons maintenant une question un peu différente. Soit un système de fonctions

(2) $$\varphi_1, \quad \varphi_2, \quad \ldots, \quad \varphi_n, \quad \ldots$$

orthogonal, normal et complet sur l'ensemble A_1 et l'autre système

(3) $$\psi_1, \quad \psi_2, \quad \ldots, \quad \psi_n, \quad \ldots$$

orthogonal, normal et complet sur l'ensemble A_2[Mes $A_1 > 0$, Mes $A_2 > 0$, Mes $D(A_1, A_2) = 0$]. Alors, d'après le théorème précédent, le système

$$f_1, \quad f_2, \quad \ldots, \quad f_n, \quad \ldots,$$

défini par les conditions

$$f_n = \alpha\varphi_n \quad \text{sur l'ensemble } A_1,$$
$$f_n = \beta\psi_n \quad \text{sur l'ensemble } A_2,$$
$$\alpha^2 + \beta^2 = 1,$$

est orthogonal, normal, mais incomplet sur l'ensemble $A_1 + A_2$. Il serait intéressant de trouver les fonctions faisant ce système complet.

Or on voit facilement que les fonctions

$$f_1^*, \quad f_2^*, \quad \ldots, \quad f_n^*, \quad \ldots,$$

définies par les conditions

$$f_n^* = \beta\varphi_n \quad \text{sur l'ensemble } A_1,$$
$$f_n^* = -\alpha\psi_n \quad \text{sur l'ensemble } A_2,$$

orthogonales et normales sur l'ensemble $A_1 + A_2$, sont orthogonales à toutes les fonctions f_n.

On peut démontrer que *le système*

(4) $$f_1, \quad f_1^*, \quad f_2, \quad f_2^*, \quad \ldots, \quad f_n, \quad f_n^*, \quad \ldots$$

est complet sur l'ensemble $A_1 + A_2$. En effet, nous aurons pour une fonction quelconque de carré sommable

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n^2 + a_n^{*2} = \sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n^2 + \beta_n^2 = \int_{A_1} f^2\, dx + \int_{A_2} f^2\, dx = \int_{A_1+A_2} f^2\, dx,$$

où

$$\alpha_n = \int_{A_1} f \varphi_n\, dx, \qquad \beta_n = \int_{A_2} f \psi_n\, dx,$$

$$a_n = \int_{A_1+A_2} f f_n\, dx = \alpha\alpha_n + \beta\beta_n, \qquad a_n^* = \int_{A_1+A_2} f f_n^*\, dx = \beta\alpha_n - \alpha\beta_n.$$

Donc le système (4) est complet.

De même, on peut considérer un cas plus général. Supposons que nous avons les systèmes de fonctions

(5_1) $\quad \varphi_{11}, \varphi_{12}, \varphi_{13}, \ldots, \varphi_{1m}, \ldots,$
(5_2) $\quad \varphi_{21}, \varphi_{22}, \varphi_{23}, \ldots, \varphi_{2m}, \ldots,$
.... $\quad \ldots, \ldots, \ldots, \ldots, \ldots, \ldots,$
(5_n) $\quad \varphi_{n1}, \varphi_{n2}, \varphi_{n3}, \ldots, \varphi_{nm}, \ldots,$

orthogonaux, normaux et complets respectivement sur les ensembles $A_1, A_2, \ldots, A_n$ [$\mathrm{Mes}\, D(A_i, A_k) = 0$, $\mathrm{Mes}\, A_i > 0$].

Prenons le tableau des nombres orthogonaux et normaux

$$\begin{matrix} \alpha_{11}, & \alpha_{12}, & \ldots, & \alpha_{1n}, \\ \ldots, & \ldots, & \ldots, & \ldots, \\ \alpha_{n1}, & \alpha_{n2}, & \ldots, & \alpha_{nn}. \end{matrix}$$

On voit facilement que *le système de fonctions*

(5) $\quad f_1, f_2, \ldots, f_m, \ldots$

définies par les conditions $f_{nk+i} = \alpha_{hi}\varphi_{h,k+1}$ $(h, i = 1, 2, \ldots, n;\ k = 0, 1, 2, \ldots)$ (sur A_h) *est orthogonal, normal et complet sur l'ensemble* $A_1 + A_2 + \ldots + A_n$.

3. Le théorème reste exact si nous supposons que le nombre des ensembles A est infini. Donc il devient possible de construire des systèmes complets de fonctions orthogonales sur l'ensemble de mesure ∞ et de représenter par une série de Fourier toute fonction à carré sommable sur cet ensemble.

On peut donner un exemple simple. Prenons comme A_h l'intervalle $[(h-1)\pi, h\pi]$, comme φ_{hm} la fonction $\sqrt{\frac{2}{\pi}}\sin mx$; alors en donnant arbi-

trairement un tableau complet de nombres orthogonaux et normaux

$$\begin{array}{ccccc} \alpha_{11}, & \alpha_{12}, & \ldots, & \alpha_{1m}, & \ldots, \\ \ldots, & \ldots, & \ldots, & \ldots, & \ldots, \\ \alpha_{n1}, & \alpha_{n2}, & \ldots, & \alpha_{nm}, & \ldots, \\ \ldots, & \ldots, & \ldots, & \ldots, & \ldots \end{array}$$

nous aurons le système de fonctions suivant

$$f_{ki} = \alpha_{hi}\sqrt{\frac{2}{\pi}}\sin kx, \qquad (h-1)\pi \leqq x < h\pi \qquad (h, i, k = 1, 2, \ldots).$$

Ce système est orthogonal, normal et complet dans l'intervalle $(0, \infty)$. Toute fonction $f(x)$ à carré sommable de 0 à ∞ est représentable par la série

$$\begin{aligned} f(x) \sim \quad & a_{11} f_{11} + a_{12} f_{12} + \ldots + a_{1m} f_{1m} + \ldots \\ & + a_{21} f_{21} + a_{22} f_{22} + \ldots + a_{2m} f_{2m} + \ldots \\ & + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ & + a_{n1} f_{n1} + a_{n2} f_{n2} + \ldots + a_{nm} f_{nm} + \ldots \\ & + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \end{aligned}$$

où

$$a_{nm} = \int_0^\infty f f_{nm}\, dx,$$

On voit facilement que

$$\int_0^\infty f^2\, dx = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} a_{nm}^2.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le potentiel d'une ligne analytique.* Note de M. **Angelo Tonolo**, présentée par M. Hadamard.

1. Dans mon Mémoire, *Sul comportamento asintotico di un potenziale di linea nel campo analitico* (*Math. Ann.*, t. 72, 1912), j'ai étudié l'expression du potentiel V d'une ligne attirante L au voisinage de la ligne elle-même. Il s'agissait essentiellement d'expliciter la partie singulière φ de façon que la différence $V - \varphi$ reste holomorphe, même sur L. En désignant par A, R deux fonctions convenables holomorphes, même sur L, on a

$$\varphi = A \log R.$$

En particulier, j'ai constaté que si la ligne L est plane, on peut poser $R = r^2$, r étant la distance normale du point attiré à la ligne attirante.

Ce résultat subsiste en général, quelle que soit la ligne envisagée (plane ou gauche).

Je dois cette remarque à l'obligeance de M. Hadamard, qui a bien voulu me signaler une proposition de son Mémoire classique : *Recherches sur les solutions fondamentales et l'intégration des équations linéaires aux dérivées partielles* (*Ann. de l'École Normale supérieure*, 3e série, t. XXI, 1905, p. 108-110), dont on peut tirer, comme corollaire, le résultat annoncé.

Ici, toutefois, je vais l'établir par une légère modification du procédé suivi dans mon Mémoire.

2. Soient : L une ligne plane ou gauche, λ un trait de L, O un point intérieur à λ, x_3 la longueur d'un arc de λ mesurée (positivement en un certain sens) en partant du point O, ρ et r respectivement la courbure et la torsion en un point quelconque de λ. Supposons que la ligne L soit le siège d'une distribution newtonienne de densité linéaire μ (holomorphe sur l'arc λ).

Introduisons un système de coordonnées curvilignes x_1, x_2, x_3 tel que les équations de λ soient $x_1 = 0$, $x_2 = 0$. Plus précisément, nos surfaces coordonnées $x_3 =$ const. seront les plans normaux à λ; x_1, x_2 étant des coordonnées rectangulaires dans ces plans (rapportées à la normale principale et à la binormale à λ).

Avec de telles variables, le carré de l'élément linéaire ds de l'espace ambiant a l'expression

$$ds^2 = \sum_{1}^{3}{}_{rs}\, a_{rs}\, dx_r\, dx_s \qquad (a_{rs} = a_{sr}), \tag{1}$$

où

$$a_{11} = 1, \qquad a_{22} = 1, \qquad a_{33} = (1 - \rho x_1)^2 + \tau^2(x_1^2 + x_2^2),$$
$$a_{12} = 0, \qquad a_{13} = \tau x_2, \qquad a_{23} = -\tau x_1.$$

Désignons par α, $a^{(rs)}$, $\Delta u = \sum_{1}^{3}{}_{rs}\, a^{(rs)} \frac{\partial u}{\partial x_r} \frac{\partial u}{\partial x_s}$, respectivement le discriminant de la forme (1), les éléments réciproques des éléments a_{rs}, et le paramètre différentiel du premier ordre d'une fonction u des variables x_1, x_2, x_3.

On a

$$\alpha = (1 - \rho x_1)^2,$$

$$a^{(11)} = 1 + \frac{r^2 x_2^2}{(1 - \rho x_1)^2}, \qquad a^{(22)} = 1 + \frac{r^2 x_1^2}{(1 - \rho x_1)^2}, \qquad a^{(33)} = \frac{1}{(1 - \rho x_1)^2},$$

$$a^{(12)} = -\frac{r^2 x_1 x_2}{(1 - \rho x_1)^2}, \qquad a^{(13)} = -\frac{r x^2}{(1 - \rho x_1)^2}, \qquad a^{(23)} = \frac{r x_1}{(1 - \rho x_1)^2}.$$

3. Cela posé, dans mes recherches, on trouve que la fonction R (dont j'ai parlé au n° 1) est donnée par le produit de deux intégrales convenables y_1, y_2 de l'équation $\Delta u = 0$.

Or, grâce aux considérations que j'ai faites dans mon Mémoire, il est loisible de prendre pour y_1, y_2 les deux fonctions suivantes :

$$\begin{aligned} y_1 &= (x_1 + i x_2)\, e^{-i\int r\, dx_3} \\ y_2 &= (x_1 - i x_2)\, e^{i\int r\, dx_3} \end{aligned} \qquad (i = \sqrt{-1}).$$

Leur produit est bien égal à r^2.

C. Q. F. D.

GÉODÉSIE. — *Sur des formules dérivées de celles des Ingénieurs-Géographes et appropriées au calcul des coordonnées des sommets d'une chaîne géodésique primordiale.* Note de M. E. **Benoit**, présentée par M. A. Bassot.

J'ai cherché à améliorer les formules dites de Puissant, ou des Ingénieurs-Géographes, employées habituellement dans les calculs de triangulation sur l'ellipsoïde, et qui ne donnent comme approximation que le centième de seconde d'arc ; tout en conservant à ces formules leur physionomie générale, je me suis proposé, par des modifications simples de l'expression analytique des coefficients qui y entrent, et par l'adjonction d'un facteur correctif complémentaire de la forme $(1 + \alpha)$ [α étant, suivant le cas, une fonction simple soit de la différence de latitude cherchée (valeur approchée) dL, soit de la différence de longitude dM et de la longueur du côté K, soit enfin de K et de dL], d'atteindre la précision du millième de seconde centésimale en latitude et en longitude pour des côtés de 80^{km} environ et une approximation comparable pour l'azimut géodésique; en d'autres termes, je conserve les termes du troisième ordre dans le développement.

Sans doute ces formules n'ont guère qu'une portée pratique, mais elles sembleront peut-être dignes de quelque intérêt, en raison de l'accroissement de précision qu'elles donnent, au prix d'un minime effort.

1° *Latitudes.* — J'identifie le développement de Puissant, limité au troisième ordre, donnant sur l'ellipsoïde la différence de latitude dL en fonction des puissances croissantes du côté géodésique K et des rayons de courbure N_m et ρ_m de l'ellipsoïde au milieu de ce côté géodésique (et non à l'extrémité de départ, comme dans les formules

d'usage courant), avec une expression du type suivant

$$-P_m K\cos Z - Q_m K^2\sin^2 Z(1+\alpha_L),$$

où Z est l'azimut géodésique du côté, compté d'après les conventions habituelles.

On a donc,

$$-P_m K\cos Z - Q_m K^2\sin^2 Z(1+\alpha_L)$$
$$= -\frac{K\cos Z}{\rho_m \sin 1''} - \frac{1}{2}\frac{K^2\sin^2 Z}{N_m\rho_m\sin 1''}\tang L\frac{1}{6}\frac{K^3\sin^2 Z\cos Z}{N_m^2\rho_m\sin 1''}(1+3\tang^2 L).$$

J'obtiens

$$-\frac{1}{N_m}\tang\frac{L+L'}{2}(1+\alpha_L) = \frac{-\tang L}{N_m} + \frac{1}{3}\frac{K\cos Z}{N_m^2}(1+3\tang^2 L),$$

d'où, au quatrième ordre près,

$$\mu.\alpha_L = dL\,\mu\sin 1''\left[\frac{4}{3}\frac{\sin(L+33^G,33)\sin(L-33^G,33)}{\sin 2L} + \frac{1}{4}e^2\sin 2L\right],$$

où μ est le module des logarithmes vulgaires, dL la valeur approchée de la différence de latitude obtenue simplement par le premier terme de la formule; quant au facteur qui multiplie dL, il est donné par une Table dont l'unique argument est la latitude. Ce procédé convient jusqu'à 70° de latitude.

2° *Longitudes.* — La forme sphérique rigoureuse qui donne dM,

$$\frac{\sin dM}{\sin\frac{K}{N'}} = \frac{\sin Z}{\cos L'},$$

N' étant la grande normale au point d'arrivée (L', $M+dM$), s'applique, comme on le sait, sans modification à l'ellipsoïde. En la développant jusqu'au troisième terme inclusivement, on obtient

$$\frac{K\sin Z}{N'\cos L'}(1+\alpha_M) - \frac{1}{6}\frac{K^3\sin^3 Z}{N'^3\cos^3 L'} = \frac{K\sin Z}{N'\cos L'} - \frac{1}{6}\frac{K^3\sin Z}{N'^3\cos L'},$$

d'où l'expression simple du coefficient complémentaire,

$$\alpha_M = -\frac{1}{6}\left(K^2R'^2 - \overline{dM}^2\right) \qquad \text{avec} \qquad R' = \frac{1}{N'\sin 1''}$$

et

$$dM = \frac{K\sin Z}{N'\sin 1''\cos L'}\left[1 - \frac{1}{6}\sin^2 1''\left(K^2R'^2 - \overline{dM}^2\right)\right],$$

une table spéciale donnant aisément

$$\frac{1}{6}\sin^2 1''.K^2.R'^2 \qquad \text{et} \qquad \frac{1}{6}\sin^2 1''.\overline{dM}^2.$$

Je rappelle que, dans la formule habituelle, N intervient à la place de N'.

3° *Azimuts.* — J'identifie encore la formule que je propose :

$$dZ = -dM \sin \frac{L + L'}{2} (1 + \alpha_Z),$$

et qui vise à atteindre le troisième ordre, avec le développement complet poussé jusqu'au troisième ordre inclus et mis sous la forme

$$dZ = -dM \sin \frac{L + L'}{2} \left(1 + \frac{1}{12} \overline{dM}^2 \cos^2 L + \frac{1}{8} \overline{dL}^2\right).$$

On démontre aisément, en utilisant l'expression habituelle de la différence de latitude des deux points correspondants sur la sphère et sur l'ellipsoïde,

$$L' - L'_1 = e^2 \cos^2 L \, dL$$

(e^2 étant le carré de l'excentricité terrestre), qu'à l'approximation cherchée, la valeur de dZ sur l'ellipsoïde, que je viens de donner, est égale à la convergence des méridiens qu'on obtient sur la sphère, par le développement de la deuxième analogie de Néper,

$$\operatorname{tang} \frac{1}{2} dZ_S = \frac{\cos \frac{1}{2}(L'_1 - L)}{\sin \frac{1}{2}(L'_1 + L)} \cot \frac{1}{2} dM,$$

en y remplaçant simplement L'_1 par la latitude ellipsoïdique L'. On trouve alors

$$\alpha_Z = \frac{1}{12} (KR')^2 + \frac{1}{24} \overline{dL}^2$$

et la Table déjà préparée pour α_M sert ici sans modification.

En résumé, les trois formules du calcul des coordonnées s'écrivent ainsi, au quatrième ordre près, c'est-à-dire au $\frac{1}{1000}$ de seconde pour des côtés de 60^{km} environ :

$$dL = \frac{-K \cos Z}{P_m \sin 1''} - \frac{\operatorname{tang} L . K^2 \sin^2 Z}{2 N_m \rho_m \sin 1''} \left[1 + dL \left(\frac{3 \operatorname{tang}^2 L - 1}{6 \operatorname{tang} L} + \frac{1}{4} e^2 \sin 2L\right)\right],$$

$$dM = \frac{K \sin Z}{N' \sin 1'' \cos L'} \left[1 - \frac{1}{6} \left(\frac{K^2}{N'^2 \sin^2 1''} - \overline{dM}^2\right)\right],$$

$$dZ = -dM \sin \frac{L + L'}{2} \left[1 + \frac{1}{12} \overline{dM}^2 \cos^2 L + \frac{1}{2} \overline{dL}^2\right].$$

Des Tables ont été calculées pour l'emploi rapide de ces formules.

AÉRODYNAMIQUE. — *Mesure de pressions et de dépressions sur de grandes surfaces en déplacement dans l'air.* Note de MM. **Ch. Maurain** et **A. Toussaint**, présentée par M. Appell.

Nous avons exposé (*Comptes rendus*, t. 154, p. 582) le principe d'une méthode qui nous permet d'étudier à l'aide d'un chariot électrique les actions de l'air sur des surfaces du même ordre de grandeur que les ailes d'aéroplanes, et qui sont déplacées dans l'air avec des vitesses allant jusqu'à 23 m : s; nous avons donné des exemples de mesure globale des actions de l'air (composantes parallèle et perpendiculaire à la vitesse, point d'application). Nous avons appliqué le même dispositif à la mesure des pressions et dépressions sur les deux faces de ces surfaces.

Des ajutages (de $3^{mm},6$ de diamètre) affleurent la surface aux différents points d'une section peu éloignée de la section médiane; chaque ajutage est relié à l'une des branches d'un petit manomètre à liquide; les autres branches des différents manomètres sont reliées à une même capacité définissant le zéro de pression, qui doit être la pression statique extérieure : pour réaliser cette condition, la capacité est reliée à un tube dont la partie utile est cylindrique, horizontale et terminée par un cône effilé fermé faisant face à la direction du mouvement; dans cette partie du tube sont pratiquées des ouvertures circulaires (1^{mm} de diamètre) qui le font communiquer avec l'atmosphère. Nous avons vérifié que ce tube placé dans un courant d'air de 20 m : s parallèlement au courant prend bien la pression atmosphérique; on peut l'incliner de plusieurs degrés sans qu'aucune différence de pression se manifeste. Cette antenne est placée à $3^m,35$ au-dessus du bâti du chariot et à $2^m,30$ en avant de la surface étudiée. Sauf les connexions indiquées, la capacité est rigoureusement close. Les dénivellations des tubes manométriques sont photographiées. Les expériences ont été faites à une vitesse moyenne de 20 m : s.

Les mesures ont porté sur deux surfaces, l'une de $7^m \times 2^m$, plane en dessous et dont la face supérieure est plane sur sa plus grande étendue avec deux biseaux de raccordement avec la face inférieure; l'autre est une surface ayant le profil M. Farman, de $5^m \times 2^m$; l'une et l'autre sont construites et entoilées comme des ailes d'aéroplane. Leur plus grande dimension était perpendiculaire à la vitesse.

Le détail des résultats sera donné ailleurs. Pour les deux surfaces et pour toutes les inclinaisons étudiées (jusqu'à 27°) il y a dépression en tous les points de la face supérieure; sur la face inférieure il y a généralement pression; mais, pour la première surface, il y a dépression au voisinage du bord de sortie; pour la deuxième, le même phénomène se produit, moins

accentué, et aux très faibles inclinaisons on constate également une dépression près du bord d'attaque.

L'action totale de l'air sur les surfaces, dans les sections médianes étudiées, s'obtient en ajoutant aux pressions sur la face inférieure les dépressions sur la face supérieure. Voici pour différentes inclinaisons (angle de la corde de la surface avec la vitesse horizontale) le rapport de l'action sur la face inférieure à l'action totale :

Première surface.

3°,3	7°,8	14°,3	18°,4	22°,8	26°,8
0,245	0,275	0,200	0,197	0,219	0,225

Deuxième surface.

0°,4	5°,6	10°	14°,3	18°,4	26°,8
0,200	0,315	0,311	0,353	0,330	0,317

On voit que la partie de l'action de l'air qui s'exerce sur la face supérieure est de beaucoup prépondérante pour ces inclinaisons; c'est le résultat auquel était déjà parvenu M. Eiffel dans ses expériences au ventilateur sur de petites surfaces. D'ailleurs, pour préciser la comparaison, M. Eiffel a bien voulu étudier au ventilateur des modèles au $\frac{1}{10}$ des deux surfaces étudiées par nous au chariot : aux angles inférieurs à 18°, les courbes de pressions et de dépressions obtenues par les deux méthodes présentent un bon accord général, les valeurs des dépressions sur la face supérieure obtenues dans les expériences au chariot étant seulement dans l'ensemble un peu plus grandes que celles obtenues au ventilateur; aux inclinaisons plus grandes, les divergences sont un peu plus prononcées, leur caractère le plus saillant étant d'ailleurs le précédent.

PHYSIQUE. — *Sur la théorie du rayonnement noir.* Note de M. **Marcel Brillouin**.

1. Lorsque des résonateurs sont enfermés dans une enceinte adiabatique, il se produira par suite des réactions de l'éther un état moyen permanent, dans lequel l'énergie moyenne de l'éther par unité de volume sera la même partout ([1]). Les propriétés de l'éther sont définies par des équations aux

([1]) C'est, du moins, ce que j'admettrai pour la suite, sans énumérer ici les difficultés variées et dignes d'intérêt, relatives surtout à la définition de la paroi, qui se présentent quand on cherche à établir une théorie mécanique, ou électrodynamique rigoureuse du phénomène.

dérivées partielles linéaires. J'admettrai par analogie avec des résultats déjà anciens (*Ann. de Chim. et de Phys.*, t. II, 1894), que la force électrique est liée par des équations différentielles *linéaires* au déplacement, à la vitesse, à l'accélération, etc., de l'électron du résonateur. Toutes ces quantités sont exprimables en fonction de r, et développables en série de vibrations simples, comme il a été dit dans la Note précédente (13 janvier). L'hypothèse que les relations entre éther et résonateur sont linéaires suffit à définir sans ambiguïté le partage d'énergie de l'éther entre les diverses longueurs d'onde, pourvu que l'état de chaque résonateur soit sensiblement indépendant des réactions de l'éther, ce qui paraît bien d'accord avec l'amortissement extraordinairement faible des sources lumineuses.

Dans ces conditions, la force électrique $\mathcal{E}$ due à un des résonateurs (A, E_0) sera

$$\mathcal{E} = \frac{2}{T}\mathcal{E}_0 + \frac{4}{T}\sum_{n=1}^{n=\infty} K\left(\frac{n}{T}\right)\mathcal{E}(A, T, n)\cos 2\pi\frac{nt}{T}, \tag{2}$$

où $\mathcal{E}_0$, $\mathcal{E}(n)$ sont des intégrales prises de r_1 à r_2 analogues à celles qui figurent dans le développement du n° 1, et où K est un facteur de réduction dont la complication plus ou moins grande dépend du nombre de dérivées de la force électrique et du déplacement de l'électron qui entrent dans l'équation de liaison entre le résonateur et l'éther.

S'il y a un grand nombre de résonateurs identiques (même A et même T) dans une enceinte imperméable, la valeur du champ dans l'éther en état permanent est indépendante du nombre des résonateurs et du volume fini de l'enceinte (1); je la définis par l'équation (2).

A un facteur constant près, l'énergie par unité de volume pour la période $\frac{T}{n}$ est $\frac{1}{T^2}\left[K\left(\frac{n}{T}\right)\mathcal{E}(A, T, n)\right]^2$ ou, exprimée en fonction de la fréquence ν

$$U\left(\frac{n}{\nu}, A, n\right) = \left[K(\nu)\,\mathcal{E}\left(A, \frac{n}{\nu}, n\right)\right]^2 \frac{\nu^2}{n^2}.$$

2. Lorsque les résonateurs ne vibrent pas tous de la même façon, il y en a qui donnent la même fréquence ν pour différentes valeurs entières de n; quelque faible que soit l'étendue de variation de T, si elle est bornée, on trouvera à partir d'une fréquence ν suffisante, deux résonateurs donnant

(1) Mêmes réserves que plus haut.

même ν, trois plus loin, et ainsi de suite, le nombre des termes croissant avec ν; mais par la nature même de l'hypothèse sur la constitution du résonateur, l'énergie décroît très vite quand le numéro d'ordre n de la vibration augmente.

Pour la même fréquence ν, la densité d'énergie U qui serait en équilibre avec le résonateur dépend de A et de n; la densité moyenne régnante ne peut donc être en équilibre avec tous les résonateurs à la fois. J'admettrai, sans en discuter ici les raisons, que les réactions mutuelles par l'intermédiaire de l'éther ne tendent pas à ramener les résonateurs à un état vibratoire identique (même A, même T) à la phase près; mais seulement à une distribution permanente des A, T autour de valeurs moyennes. Soit $\mathfrak{P}(A, T)\, dT\, dA$ la probabilité qui définit cette distribution.

Un résonateur qui serait en équilibre avec la densité d'énergie

$$U\left(\frac{n}{\nu}, A, n\right)$$

différente de la densité moyenne régnante $\mathfrak{v}(\nu)$ cède à l'éther par unité de temps une quantité d'énergie fonction de $\mathfrak{v}$ et de U, et qui, au moins pour les petits écarts, est proportionnelle à la différence $\mathfrak{v} - U$ (positive ou négative); désignons-la par $Q(U, \mathfrak{v})$.

Les conditions d'état permanent sont alors faciles à décrire pour l'éther:

$$\text{(I)} \qquad \sum_{n=1} \int_{-\infty}^{\infty} \mathfrak{P}\left(A, \frac{n}{\nu}\right) \frac{n}{\nu^2}\, dA\; \mathfrak{Q}(U, \mathfrak{v}) = 0,$$

ou, si Q est égal à $C(U - \mathfrak{v})$, comme on le suppose d'ordinaire sans explication,

$$\text{(I')} \qquad \mathfrak{v} \sum_{n=1} \int_{-\infty}^{\infty} \mathfrak{P}\left(A, \frac{n}{\nu}\right) \frac{n}{\nu^2}\, dA = \sum_{n=1} \int_{-\infty}^{\infty} \mathfrak{P}\left(A, \frac{n}{\nu}\right) \frac{n}{\nu^2}\, U\left(\frac{n}{\nu}, A, n\right) dA.$$

Si toutes les périodes T de 0 à ∞ interviennent dans la probabilité $\mathfrak{P}$, les Σ doivent s'étendre à toutes les valeurs entières et positives de n.

3. Sans parler ici des conditions de permanence de la distribution $\mathfrak{P}$ entre les résonateurs, remarquons le caractère de l'équation (I)' qui détermine la loi de force centrale $[-E'(r)]$ du résonateur lorsque l'on connaît la loi de distribution spectrale de l'énergie dans l'éther $\mathfrak{v}(\nu)$, celle de Planck, par exemple, considérée comme loi expérimentale.

C'est une équation intégrale d'un type transcendant, qui paraît peu

abordable de front; le terme de rang n de la série est

$$\int_{-\infty}^{\infty} \varphi\left(\mathrm{A}, \frac{n}{\nu}\right)\left[\mathrm{K}(\nu)\int_{r_1}^{r_2} \frac{\mathcal{E}(\rho)\,d\rho}{\sqrt{\frac{2}{m}\mathrm{E}_0 - \frac{2}{m}\mathrm{E}(\rho) - \frac{4\mathrm{A}^2}{\rho^2}}}\cos\left(2\pi\nu\int_{r_1}^{\rho}\frac{d\rho}{\sqrt{\ldots}}\right)\right]^2 \frac{d\mathrm{A}}{n},$$

E_0 et A sont liés par la condition

$$\int_{r_1}^{r_2} \frac{d\rho}{\sqrt{\frac{2}{m}\mathrm{E}_0 - \frac{2}{m}\mathrm{E}(\rho) - \frac{4\mathrm{A}^2}{\rho^2}}} = \frac{n}{\nu}.$$

Il semble assez difficile de dire quelque chose de précis sur cette équation; surtout il semble impossible d'affirmer qu'elle soit incompatible avec toute distribution permanente φ entre les résonateurs.

C'est pourtant la démonstration qu'il faudrait faire pour avoir le droit de conclure que la théorie du rayonnement exige l'hypothèse des quanta de Planck.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Sur l'application de la loi de Stokes à la chute de très petites gouttes et à la détermination de la charge de l'électron.* Note de M. **A. Schidlof** et Mlle **J. Murzynowska**, présentée par M. G. Lippmann.

Nous avons utilisé dans ces recherches la méthode de J.-J. Thomson et H.-A. Wilson, si heureusement modifiée par R.-A. Millikan, estimant que les particules liquides présentent seules la garantie suffisante d'une forme sphérique parfaite, nécessaire à l'application de la loi de Stokes. Parmi les différents liquides examinés, l'huile d'olive a fourni les meilleurs résultats. Nous avons donc adopté la méthode de Millikan dont le principe a été exposé tout dernièrement encore par M. J. Roux (¹).

Notre dispositif ne diffère que par les trois points suivants de celui du savant américain :

1° A la place d'une batterie de 10000 volts nous avons utilisé une batterie d'accumulateurs de très grande capacité, fournissant un potentiel très constant d'environ 100 volts. Ce potentiel fut mesuré à l'aide d'un voltmètre de précision de Siemens et Halske, vérifié au potentiomètre.

(¹) *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 1490-1493.

2° Notre condensateur, notablement plus petit que celui de Millikan, se composait de deux plateaux de laiton dont la distance était $0^{cm},5$.

3° L'objectif de la lunette d'observation se trouvait à une distance relativement petite (environ 25^{cm}) de la goutte d'huile, et le parcours observé (de chute ou d'ascension) était ordinairement de $0^{cm},285$.

Nous nous sommes proposé de rechercher en premier lieu *si la formule de correction de la loi de Stokes, établie par Cunningham* (1), *s'applique effectivement aux gouttelettes d'huile de divers diamètres.*

Les premiers travaux publiés par Millikan (2) laissent subsister des doutes sur ce point. En particulier, la valeur attribuée par Millikan à la constante A de la formule de Cunningham (voir la Note citée de M. J. Roux) est $A = 0,815$, basée sur l'hypothèse d'un choc mou. Or l'exactitude de cette hypothèse ne paraît pas suffisamment prouvée. Nos études ont donc porté sur des gouttes de très petit diamètre pour lesquelles les écarts de la loi de Stokes sont considérables. En même temps, les objections soulevées par M. J. Perrin (3) contre la méthode de Millikan semblent avoir une importance d'autant plus petite que la vitesse de chute est plus petite et la pression capillaire plus élevée.

Voici les résultats de nos observations relatives à 22 gouttes dont les diamètres varient entre les limites de 0,8 et 2,1 microns.

Nous représentons par v la vitesse de chute en centimètres par seconde, par a le rayon apparent de la goutte en centimètres, par e la charge élémentaire apparente en unités électrostatiques C.G.S., calculés au moyen de la loi de Stokes non corrigée, en adoptant pour le coefficient de viscosité de l'air la valeur $\eta = 0,0001733$ (à 0°).

Nos	v (cm : sec.).	$a \times 10^5$ (cm).	$e \times 10^{10}$ (U.E.S.).	$e_0 \times 10^{10}$ (U.E.S.).
1.......	0,001770	4,008	6,470	4,750
2.......	0,002441	4,699	6,215	4,775
3.......	0,002803	5,065	6,090	4,765
4.......	0,003330	5,516	5,910	4,720
5.......	0,003555	5,689	5,870	4,720
6.......	0,004954	6,716	5,710	4,745
7.......	0,005362	6,983	5,645	4,725
8.......	0,005523	7,080	5,620	4,715
9.......	0,005588	7,133	5,630	4,730
10.......	0,005855	7,326	5,600	4,725
11.......	0,006552	7,711	5,535	4,710

(1) *Proc. of the Royal Soc. of London*, t. LXXXIII, 1910, p. 357-365.

(2) *Philos. Mag.*, t. XIX, 1910, p. 209-228.

(3) *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1165-1168.

Nos	v (cm : sec.).	$a \times 10^5$ (cm).	$e \times 10^{10}$ (U.E.S.).	$e_0 \times 10^{10}$ (U.E.S.).
12.......	0,006821	7,892	5,515	4,710
13.......	0,007540	8,299	5,510	4,745
14.......	0,007641	8,321	5,520	4,750
15.......	0,007948	8,521	5,510	4,760
16.......	0,008785	8,953	5,450	4,745
17.......	0,009381	6,258	5,425	4,740
18.......	0,009500	9,301	5,415	4,740
19.......	0,009817	9,470	5,410	4,745
20.......	0,011370	10,190	5,360	4,745
21.......	0,011890	10,440	5,330	4,730
22.......	0,012520	10,658	5,340	4,750

Les valeurs de e, représentées graphiquement en fonction de v, se trouvent très sensiblement sur une courbe continue. Nous avons admis que la grandeur des charges élémentaires apparentes e varie en fonction de la vitesse déduite v suivant la formule de Cunningham.

Cette supposition permet de calculer, au moyen de deux observations faites avec des gouttes d'un diamètre suffisamment différent, la valeur de la quantité *inconnue* $Al = K$, qui intervient dans la formule de Cunningham. L'exactitude de notre supposition se trouve vérifiée *a posteriori* par le fait que toutes les expériences, permettant d'effectuer le calcul de K avec quelque chance de précision, fournissent la même valeur de K.

Nous avons pris la moyenne arithmétique des sept derniers résultats (nos 16 à 22) pour lesquels la variation de e semble linéaire dans les limites de précision des observations, et nous avons calculé K et A au moyen de chacune des six premières expériences (nos 1 à 6) qui fournissent les valeurs les plus élevées de e. Nous avons admis pour l (chemin moyen des molécules d'air à 19° et 760mm) la valeur

$$l = 9,5 \times 10^{-6} \text{ cm}.$$

On trouve les résultats suivants :

Nos.	$K = Al$.	$A = \frac{K}{l}$.	
1..........	$8,34 \times 10^{-6}$	0,877	Moyennes :
2..........	8,70 »	0,916	$K = 8,29 \times 10^{-6}$
3..........	8,64 »	0,910	$A = 0,873$
4..........	7,89 »	0,831	
5..........	7,85 »	0,826	
6..........	8,33 »	0,877	

Si l'on tient compte du fait que la valeur de K est très fortement influencée par les petites erreurs expérimentales, ces chiffres semblent indiquer

que la théorie de Cunningham s'applique à la chute des *très petites gouttes d'huile* dans l'air sous la pression atmosphérique.

Le choc entre les molécules d'air et les gouttes d'huile présente *approximativement* le caractère d'un choc mou ($A = 0,873$).

En utilisant la valeur moyenne $Al = 8,288 \times 10^{-6}$, nous avons apporté à chacun des vingt-deux résultats la correction de Cunningham. Les valeurs corrigées (e_0) forment la quatrième colonne du Tableau précédent. La valeur moyenne

$$e_0 = 4,738 \times 10^{-10}$$

concorde bien avec les derniers résultats de Millikan (¹).

PHYSIQUE. — *Sur un procédé de mesure des grandes résistances polarisables et son application à la mesure de la résistance de bulles dans un liquide.* Note de M. **P. Vaillant**, présentée par M. J. Violle.

La résistance électrique d'une colonne liquide est considérablement accrue lorsque cette colonne est coupée par une bulle d'air; mais si le liquide mouille la paroi, la résistance ne devient pas infinie, le passage de l'électricité continuant à se faire par la couche liquide adhérente à l'enveloppe. Si l'on admet que cette couche a même constitution et en particulier même conductibilité spécifique que la masse du liquide, il est évident que de l'augmentation de résistance provoquée par la bulle on peut déduire l'épaisseur de la gaine liquide qui l'entoure.

Si la paroi est celle d'un tube cylindrique horizontal, assez fin pour qu'on puisse considérer comme hémisphériques les ménisques terminaux, on établit facilement la relation

$$(1) \qquad R_1 = \frac{\rho}{\pi}\left(\frac{L-l}{r^2} + \frac{l-2r}{2r\varepsilon} + \frac{2}{\sqrt{2r\varepsilon}}\right)$$

R résistance totale du tube, L et r longueur et rayon de celui-ci, ρ résistance spécifique du liquide qui le remplit, l distance des sommets de la bulle, ε épaisseur de la gaine adhérente. Le troisième terme, qui représente la résistance des ménisques, peut être négligé si l'on suppose r et ε assez petits pour que $2\sqrt{2r\varepsilon}$ soit négligeable devant l.

Quand la colonne liquide est sans solution de continuité, la résistance est

(¹) *Transact. of the American Electrochem. Soc.*, t. XXI, 1912, p. 185-200.

seulement

$$R_2 = \frac{\rho}{\pi}\frac{L}{r^2}. \tag{2}$$

De (1) et (2) on tire, en négligeant le troisième terme de (1),

$$\varepsilon = \frac{r(l-2r)}{2L\left(\frac{R_1}{R_2}-1\right)+l}. \tag{3}$$

Pratiquement, ε étant très petit, la mesure n'est possible que si l'on dispose d'une méthode assez sensible pour rester applicable à des résistances extrêmement grandes et en outre polarisables.

La méthode employée consiste à relier les deux bornes A et B d'une distribution de courant alternatif aux deux paires de quadrants d'un électromètre, A directement, B par l'intermédiaire de la résistance R à mesurer. L'aiguille de l'électromètre communique avec A. En outre, dérivé entre les paires de quadrants, se trouve un condensateur de capacité variable.

Si C est la somme des capacités du condensateur et de l'électromètre, L la self-induction qui intervient dans le circuit, E la f.e.m. alternative utilisée, ω la pulsation du courant, on observe l'élongation

$$\alpha = k\frac{E^2}{\omega^2 C^2\left[R^2+\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)^2\right]},$$

k étant la constante de l'électromètre, c'est-à-dire l'élongation que donne une différence de potentiel de 1 volt entre les quadrants, lorsque l'aiguille est au potentiel de 1 volt. Si L est négligeable devant $\frac{1}{\omega^2 C}$ la formule se réduit à

$$\alpha = k\frac{E^2}{\omega^2 C^2 R^2 + 1}.$$

Dans les conditions où j'opérais, on avait $\omega = 300$, CR voisin de 0,5, par suite $\omega^2 C^2 R^2$ voisin de 20000, en sorte qu'on pouvait encore simplifier et écrire

$$\alpha = k\frac{E^2}{\omega^2 C^2 R^2}. \tag{4}$$

On avait d'ailleurs $E = 125$ volts, k voisin de 5, par suite sensiblement $\alpha = \frac{250}{C^2 R^2}$. L'ordre des résistances susceptibles de mesure était donné dès lors approximativement par $CR = 1$, et comme on pouvait faire varier C de 1 à 10^{-4} microfarad, les résistances mesurables par ce procédé s'échelonnaient de 1 à 10^4 mégohms.

Le liquide étudié était contenu dans un tube capillaire horizontal recourbé à angle droit à ses deux extrémités, lesquelles plongeaient dans deux grands vases pleins du

même liquide que le tube. Le courant était amené par des électrodes de mercure remplissant le fond des deux vases.

Les expériences ont porté sur de l'eau distillée ordinaire et trois solutions de $ZnSO^4$ dans cette eau, de concentrations C, $C \times 10^{-2}$, $C \times 10^{-4}$, C étant voisin de la normale.

Dans le passage d'un liquide au suivant, le tube était longuement lavé à l'eau distillée, puis desséché jusqu'à poids constant.

Les capacités utilisées étaient le plus ordinairement une capacité à lames d'air d'environ 3×10^{-3} microfarad, décomposable en 12 parties à peu près égales, et seulement pour les résistances les plus faibles, un microfarad étalon subdivisé en centièmes.

Les bulles avaient une longueur variant de 3^{mm} à 30^{mm}. Cette longueur était déterminée sur le tube en place à l'aide d'un viseur à oculaire micrométrique.

Le rayon du tube (voisin de 1^{mm}) et sa longueur (22^{cm}) avaient été déterminés au préalable par des tarages au mercure.

A titre d'exemple, voici quelques nombres obtenus avec l'eau pure :

Longueur de la bulle en millimètres (l).	4,356	5,273	7,714	17,428	28,395
Épaisseur de la gaine en μ (ε).........	9,50	9,31	8,78	9,58	8,71

Avec les trois solutions de $ZnSO^4$, on trouve des valeurs de ε notablement plus petites, d'autant plus petites que la solution est plus concentrée :

Concentrations........	0	$C \times 10^{-4}$	$C \times 10^{-2}$	C
ε moyens (en μ).......	9,18	2,98	1,90	1,19

Les ε sont dans chaque cas calculés par la formule (3) et en admettant que ρ a même valeur dans la gaine adhérente au tube que dans le reste du liquide.

Il est possible de vérifier approximativement cette hypothèse en remplissant le tube de liquide, puis le vidant et l'égouttant avec soin et déterminant son augmentation de poids. On obtient ainsi des résultats plus concordants qu'on pourrait croire *a priori* ; par exemple, pour l'eau pure, une série de cinq déterminations donne comme poids de liquide adhérant à la paroi :

p (mgs)..............	12,0	12,5	11,3	13,1	11,6

avec une moyenne de 12 de laquelle on conclut comme épaisseur de la

gaine liquide $\varepsilon = 8^{\mu}, 88$, nombre très voisin de ceux que donnent les mesures de résistances.

Donc, pour l'eau pure tout au moins, la gaine ne diffère pas essentiellement du reste du liquide. Mais si l'on essaie la même vérification sur les trois solutions de $ZnSO^4$, on trouve comme valeur moyenne des poids adhérant au tube :

Concentrations........	o	$C \times 10^{-4}$	$C \times 10^{-2}$	C
p moyens en mgs......	12,0	12,9	12,6	14,1

d'où il faut conclure que, pour ces solutions, la gaine a sensiblement même épaisseur que pour l'eau pure. La contradiction avec les résultats que fournit la mesure des résistances ne peut être attribuée qu'à une différence de conductibilité entre la gaine et la masse liquide, la gaine étant plus pauvre en éléments conducteurs et, par suite, en molécules salines que le reste de la masse. La différence, qui est d'autant plus sensible que la solution est plus concentrée, s'explique par une différence d'attraction de la paroi solide sur les molécules de solvant et celles de corps dissous.

PHYSIQUE. — *Sur certaines particularités de la vitesse des centres lumineux dans les tubes à hydrogène.* Note de M. **A. Perot**, présentée par M. Villard.

Dans une Note précédente [1], j'ai indiqué que dans un tube à hydrogène les centres lumineux se déplacent de la cathode vers l'anode avec une vitesse qui, mesurée par l'effet Doppler-Fizeau sur la raie rouge (6563 Å), a été trouvée variable avec la pression, l'intensité du courant et le diamètre du capillaire. J'ai montré qu'entre certaines limites de pression le tube pouvait fonctionner suivant deux modes, l'un avec stratifications, l'autre sans stratifications, et que dans le premier mode les vitesses trouvées étaient plus grandes que dans le second. Je voudrais aujourd'hui indiquer les résultats de quelques mesures nouvelles, relatives : 1° aux stratifications; 2° à l'influence de la longueur d'onde sur la vitesse mesurée.

1° J'ai cherché d'abord, toujours avec la raie C, à déterminer la vitesse des centres en des régions différentes d'un capillaire présentant des stratifications. L'expérience a été faite en recevant la lumière suivant une direction inclinée sur la normale à l'axe du tube, et projetant sur l'étalon interfé-

(1) *Comptes rendus*, t. 156, 13 janvier 1913, p. 132.

rentiel une image du tube, constituée par une série de plages lumineuses séparées par des intervalles relativement obscurs. A l'aide d'un écran percé d'ouvertures convenables, on peut laisser passer, soit la lumière des régions brillantes, soit celle des régions sombres. L'image du tube étant faite dans une direction aussi voisine que possible de l'axe de ce tube, les contours des stratifications ne sont pas nets, de sorte que l'on ne peut isoler réellement les parties obscures, et les mesures de vitesse ne présentant pas une signification précise. Toutefois l'expérience montre que la vitesse est plus grande dans les parties brillantes que dans les parties sombres. Ainsi, par exemple, dans une expérience où la pression était $2^{mm},2$, le courant 100 milliampères, et où le capillaire avait $4^{mm},5$ de diamètre, j'ai trouvé pour la vitesse dans les parties brillantes 942^{m}, et dans les parties obscures 837^{m}; pour la pression de $3^{mm},3$ et le même courant, j'ai trouvé pour la vitesse maximum 625^{m}, et pour la vitesse minimum 379^{m}.

Ces nombres ne peuvent donner que le sens du phénomène.

On sait, d'ailleurs, que M. Wilson a trouvé que la force électrique est plus grande dans les parties brillantes que dans les parties obscures des stratifications : ce fait est certainement en relation étroite avec le résultat ci-dessus indiqué.

2° Toutes les mesures que j'ai rapportées jusqu'ici ont été faites sur la raie C ; il m'a paru intéressant d'opérer aussi sur la raie F (4861,3 Å). Si l'on fait successivement sur le même tube, dans les mêmes conditions de pression et d'intensité, la mesure de la vitesse sur la raie C et sur la raie F, on trouve des nombres *différents* dont le rapport paraît constant et égal à 1,6, la vitesse mesurée avec la raie de petite longueur d'onde étant la plus grande.

Ce résultat, qui peut paraître surprenant au premier abord, s'explique par l'amortissement différent des deux radiations. Si l'on se reporte aux indications que M. Bosler et moi avons données dans une Note antérieure ([1]), on est amené à envisager ce fait de la manière suivante :

Remarquons d'abord qu'il n'y a à considérer que des vitesses statistiques. Ceci étant, des corpuscules négatifs, porteurs du courant, sans doute des électrons émanés de la cathode, s'éloignent d'elle avec une certaine vitesse, ils rencontrent des molécules de gaz qu'ils ionisent, rendent lumineuses, et sont partiellement arrêtés par elles ; après chaque choc, ils repartent sous l'influence du champ électrique, et l'on peut considérer que, dans le tube

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 151, 18 juillet 1910.

capillaire, leur mouvement est dû uniquement à ce champ. Une molécule rencontrée par l'un de ces électrons prend alors une vitesse dirigée dans le sens du champ en devenant lumineuse, elle se déplace parmi d'autres molécules inertes qu'elle rencontre et sa vitesse propre va en diminuant; d'autre part, l'intensité du rayonnement qu'elle émet décroît avec le temps suivant une loi exponentielle de décrément 2α inversement proportionnel au carré de la longueur d'onde; les sources rouges s'épuisant, de ce fait, moins vite que les bleues, les faibles vitesses auront, dans le cas des grandes longueurs d'onde, une influence plus grande que dans le cas des courtes, et la vitesse mesurée sera plus faible pour la raie rouge C que pour la raie bleue F.

L'intensité en fonction de la vitesse, ou encore la répartition de la lumière dans la largeur d'un anneau interférentiel, est, en faisant abstraction des mouvements propres des molécules, donnée par l'expression

$$y = \frac{1}{KV^2} e^{-\frac{2\alpha}{K}\left(\frac{1}{V}-\frac{1}{V_0}\right)},$$

où K dépend de la nature du gaz et du nombre des molécules par centimètre cube.

α est, ainsi que je l'ai indiqué, inversement proportionnel au carré de la longueur d'onde; dans le cas étudié, on a

$$\left(\frac{\lambda_C}{\lambda_F}\right)^2 = \left(\frac{6563}{4861}\right)^2 = 1,8.$$

L'expérience donne, pour le rapport des vitesses, 1,6; ceci montre que la vitesse varie dans le sens prévu et n'est pas très loin d'être inversement proportionnelle au carré de la longueur d'onde.

Ces considérations ne s'appliquent pas aux mesures faites sur les raies sombres du soleil; la vitesse déterminée spectroscopiquement doit être dans le cas de l'absorption indépendante de la longueur d'onde. Les corpuscules ioniques qui disséminent l'énergie reçue d'un train d'ondes incident, ne sont plus, comme dans le cas de l'émission, livrés à eux-mêmes, mais leur mouvement est *entretenu;* il doit donc durer tant que le corpuscule peut vibrer, c'est-à-dire autant que son ionisation. Dès lors, l'influence de la longueur d'onde disparaît et, en particulier, la vitesse déterminée à l'aide de la raie C doit avoir la même valeur que celle que l'on obtient avec la raie F; or c'est bien ce que l'on observe, les nombres trouvés pour la vitesse de chute des centres, $3^{km},8$ avec la raie C, $3^{km},5$ avec la raie F, peuvent être considérés comme identiques aux erreurs près d'observation.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Mesure de l'énergie d'une radiation ultraviolètte émise par un arc au mercure sous différents régimes.* Note de M. **Marcel Boll**, présentée par M. A. Haller.

Dans une Note précédente (¹), j'ai montré que le coefficient de vitesse de l'hydrolyse photochimique de l'acide tétrachloroplatinique varie proportionnellement à l'énergie rayonnante incidente (²) : cette relation permet de mesurer, avec une grande précision, en valeur relative, l'énergie d'un rayonnement ultraviolet.

Il a semblé intéressant de déterminer, au moyen de cette méthode, comment varie l'émission de l'arc à vapeur de mercure en fonction de la puissance dépensée : diverses expériences ont été tentées dans ce sens, mais elles n'ont guère fourni de renseignements, qui puissent être nettement interprétés au point de vue quantitatif.

La lampe à mercure en quartz est horizontale, du type Westinghouse Cooper-Hewitt, dit à 220 volts, c'est-à-dire qu'elle est lumineuse sur 11^{cm} : une telle longueur permet de produire des spectres très *larges* et transportant par suite beaucoup d'énergie. Les mesures ont porté sur le groupe 2536 U. A., qui est la radiation la plus intense du mercure dans l'extrême ultraviolet.

L'arc commence à se maintenir déjà sous 25 volts ; on lui donne de la stabilité, en introduisant dans le circuit une bobine de self-induction, qui sert d'amortisseur électromagnétique, sans modifier notablement le rendement de la lampe.

Le Tableau suivant résume les expériences ; on a affecté de l'indice 1 les grandeurs relatives au régime le plus bas (50 watts) :

$\mathcal{P}$ en watts.	U en volts.	I en ampères.	R en ohms.	K.	$\frac{\mathcal{P}}{\mathcal{P}_1}$.	$\frac{W}{W_1}$ obs.	$\frac{W}{W_1}$ calc.	$\frac{\rho}{\rho_1}$ obs.
50	29	1,72	16,9	23	1	1,00	0,93	1,00
100	37,5	2,67	14,0	47	2	2,04	2,0	1,02
150	46	3,26	14,1	75	3	3,26	3,3	1,09
200	55	3,64	15,1	106	4	4,51	4,8	1,14
250	64	3,90	16,4	141	5	6,12	6,4	1,23
300	73	4,10	17,8	185	6	8,05	8,2	1,34
350	81	4,30	18,8	234	7	10,2	10,3	1,46
400	90	4,45	20,2	290	8	12,6	12,5	1,58
450	99	4,55	21,7	360	9	15,6	15,8	1,74
500	108	4,65	23,2	440	10	19,1	17,4	1,91

(¹) Marcel Boll, *Relation entre la vitesse d'une réaction photochimique et l'énergie rayonnante incidente* (*Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 138).

(²) Une nouvelle preuve expérimentale de cette proportionnalité peut être donnée en interceptant, par des écrans convenables, la moitié du faisceau parallèle entre les deux prismes : le coefficient de vitesse de la réaction diminue effectivement de moitié.

La différence de potentiel U est une fonction *rigoureusement linéaire* de la puissance dépensée

$$U = 0,175\,\mathcal{P} + 20;$$

c'est, par conséquent, une hyperbole qui représente la variation de l'intensité I en fonction de $\mathcal{P}$ ou de U; $R = \frac{U}{I}$ est la résistance apparente de la lampe.

Le coefficient de vitesse K est donné par la relation

$$K = \frac{1}{tc}\,\frac{x}{1 - x},$$

où c est la concentration initiale $\left(10^{-4}\,\frac{\text{mol.-g.}}{\text{litre}}\right)$ et $c(1 - x)$ la concentration d'acide chloroplatinique au temps t (exprimé en minutes) [1]. Le coefficient K varie proportionnellement à l'énergie qui tombe sur la cuve de mesure et, par suite, à l'énergie de même fréquence W émise par l'arc.

On a reproduit ensuite les valeurs de $\frac{\mathcal{P}}{\mathcal{P}_1}$, puis les valeurs *observées* de $\frac{W}{W_1}$ qui sont égales à $\frac{K}{K_1}$ et aussi les valeurs de rapport $\frac{\rho}{\rho_1}$ des rendements $\rho = \frac{W}{\mathcal{P}}$ et $\rho_1 = \frac{W_1}{\mathcal{P}_1}$.

L'émission $\frac{W}{W_1}$ est une fonction compliquée de $\frac{\mathcal{P}}{\mathcal{P}_1}$:

$$\frac{W}{W_1} = F\left(\frac{\mathcal{P}}{\mathcal{P}_1}\right),$$

qui passe par l'origine

$$F(0) = 0.$$

Cette fonction peut être développée en série de Mac Laurin,

$$\frac{W}{W_1} = \alpha\left(\frac{\mathcal{P}}{\mathcal{P}_1}\right) + \beta\left(\frac{\mathcal{P}}{\mathcal{P}_1}\right)^2 = \gamma\left(\frac{\mathcal{P}}{\mathcal{P}_1}\right)^3 + \ldots.$$

La colonne $\frac{W}{W_1}$ calc. montre avec quelle précision on peut se limiter aux *deux* premiers termes et admettre la formule parabolique

$$\frac{W}{W_1} = 0,84\left(\frac{\mathcal{P}}{\mathcal{P}_1}\right) + 0,09\left(\frac{\mathcal{P}}{\mathcal{P}_1}\right)^2.$$

L'énergie, de longueur d'onde 2536 U.A., émise par un arc au mercure, est donc sensiblement une fonction parabolique de la puissance électrique dépensée. Les mesures et la formule précédente permettent de se rendre compte *approximativement* de l'émission d'une lampe à mercure *quelconque* sous ses différents régimes.

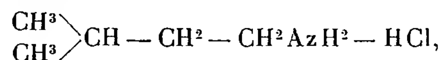
---

(1) Rappelons qu'on détermine, par une mesure électrométrique de conductivité, la proportion x détruite au bout de temps qui varient entre 0,5 et 3 minutes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Déplacement des amylamines primaires par le gaz ammoniac.* Note de M. **Félix Bidet**, présentée par M. Haller.

L'objet de ce travail est de rechercher l'influence de l'isomérie sur l'état d'équilibre d'un système défini.

Ayant déjà étudié la réaction de l'ammoniac sur le chlorhydrate d'isoamylamine



$$\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}\!\!\!>CH - CH^2 - CH^2AzH^2 - HCl,$$

je vais indiquer les expériences que j'ai faites, dans les mêmes conditions, sur le chlorhydrate de l'amylamine normale



$$CH^3(CH^2)^3CH^2AzH^2HCl.$$

Les poids des sels, mis en présence de volumes d'ammoniac sensiblement égaux, sont très voisins :

Sel normal : $1^g,047$; sel isomère : $1^g,041$.

Dès que l'attaque a commencé, le système solide manque d'homogénéité, car il contient au moins trois constituants qui ne se mélangent pas d'une façon intime : le chlorhydrate d'ammoniaque, le chlorhydrate neutre d'amylamine et le chlorhydrate basique de cette amine.

Afin d'atténuer autant que possible cet inconvénient, j'ai divisé les deux sels avec des fragments de verre.

Les deux appareils, dont les volumes sont sensiblement égaux, sont disposés, l'un près de l'autre, dans un même bain à température constante et les mesures des pressions s'effectuent sur une seule règle divisée en millimètres.

Système A. — AzH^3 gaz + $\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}\!\!>CH - CH^2 - CH^2AzH^2 - HCl$ solide et anhydre :

1° Lorsque le contact est établi entre le gaz et le sel à 0°, la réaction, indiquée par l'ascension du ménisque de mercure, ne commence qu'au bout de 15 minutes;

2° Le solide s'agglomère, mais ne présente aucune gouttelette, même à 61° dans la vapeur de chloroforme;

3° L'accroissement de pression, obtenu en élevant le réservoir mobile, donne, à température constante, une nouvelle valeur limite : 280^{mm} au lieu de 252^{mm} à 0° et 475^{mm} au lieu de 395^{mm} à 21°,2;

4° Si l'on introduit une nouvelle masse d'ammoniac, la pression d'équilibre s'élève et passe, dans la glace fondante, de 252^{mm} à 342^{mm}. Ce résultat, rapproché du précédent, montre que l'accroissement de la concentration en ammoniac détermine une variation de même signe pour la valeur limite qui définit l'état d'équilibre;

5° Par contre, l'abaissement de la concentration permet de retrouver les valeurs inférieures, mais l'intervention fréquente de l'inertie a pour effet de retarder l'obtention de la limite prévue.

Système B. — AzH^3 gaz + $CH^3 - CH^2 - CH^2 - CH^2 - CH^2AzH^2HCl$ solide et anhydre :

1° Dès que le contact est établi entre le gaz et le solide, la réaction commence et progresse rapidement. Cette différence dans l'amorçage, à 0°, me paraît due à la présence de traces d'eau dans le sel normal;

2° L'agglomération du solide est très marquée et aucun liquide n'est visible, même à 40°. Mais, à partir de 50°, on voit nettement des gouttelettes se condenser au-dessus de la matière, puis disparaître, par refroidissement, pour se combiner à nouveau. Les composés basiques, formés par le chlorhydrate normal, sont donc plus facilement dissociables que les composés dérivés de l'isoamylamine.

Les conclusions 3°, 4° et 5°, relatives au système A, s'appliquent, dans ce cas, sans modification.

Si donc on augmente la concentration en ammoniac, on obtient, à 0°, pour la pression d'équilibre, deux valeurs distinctes : 62^{mm} et 92^{mm}.

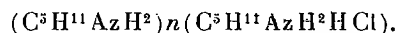
Le Tableau suivant permet de comparer les valeurs observées, exprimées en millimètres de mercure :

Températures.	Pressions. Sel isomère.	Pressions. Sel normal.
— 23°	95	19
— 9,5	180	37
0 (concentration faible)	252	62
0 (concentration forte)	280	92
21,2 (concentration faible)	395	218
21,2 (concentration forte)	475	238
50 (concentration faible)	678	685
50 (concentration forte)	726	741

De l'examen de ces chiffres, il ressort que les pressions pour le sel normal sont notablement inférieures, mais que, au-dessus de 23°, elles se rap-

prochent des pressions relatives à l'isomère pour devenir sensiblement égales à 50°. En outre, l'existence de plusieurs tensions fixes, à température constante, dénote l'existence de plusieurs composés définis dont l'état d'équilibre est une fonction de la concentration.

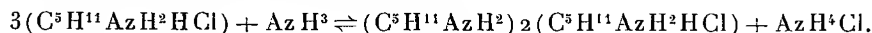
Ces composés sont des chlorhydrates basiques formés par l'action secondaire de l'amine déplacée sur le chlorhydrate neutre inaltéré et répondent à la formule générale



$$(C^5H^{11}AzH^2)n(C^5H^{11}AzH^2HCl).$$

La valeur de n, mesurée par l'expérience, est très voisine de 2 pour la pression 280^{mm} observée à 0°.

Ce résultat permet alors de représenter l'équilibre de la manière suivante pour le chlorhydrate d'isoamylamine :



$$3(C^5H^{11}AzH^2HCl) + AzH^3 \rightleftharpoons (C^5H^{11}AzH^2)2(C^5H^{11}AzH^2HCl) + AzH^4Cl.$$

Les deux équilibres étudiés comportent, pour une température définie, une suite de phases intermédiaires, dues à l'existence de composés à fonction mixte et peuvent être représentés, graphiquement, par une série de paliers.

Chacun de ces paliers correspond ainsi à un sel défini, d'autant plus basique que la pression est plus élevée (pourvu que la température reste au voisinage de 0°) et l'ordonnée qui s'y rapporte est proportionnelle à la pression d'équilibre mesurée à température constante.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la miscibilité partielle des liquides.* Note [1] de M. **Émile Baud**, présentée par M. A. Haller.

Les courbes de cristallisation commençante des mélanges binaires homogènes peuvent présenter diverses formes, même lorsque les constituants A et B ne réagissent pas chimiquement et ne forment pas de cristaux mixtes.

Si la chaleur de dilution est négligeable, comme cela a lieu pour les mélanges de bromure d'éthylène avec le benzène ou le toluène (mélanges qui peuvent se faire en toutes proportions), le diagramme de cristallisation se compose de deux courbes se rencontrant au point d'eutexie.

---

[1] Présentée dans la séance du 20 janvier 1913.

La branche qui correspond à la cristallisation de l'un des corps tourne sa concavité vers les concentrations croissantes en ce corps.

L'équation de la courbe est, dans ce cas [1],

$$-\operatorname{Log} x = \frac{EQ}{R}\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right),$$

x étant la fraction de molécule du corps qui cristallise, A par exemple, pour une molécule du mélange;
T_1 la température de cristallisation du corps A pur;
T_2 celle de ce corps dans la solution.

Si la chaleur de dilution q n'est pas négligeable, l'équation devient [2]

$$-\operatorname{Log} x = \frac{E}{R}\left(\frac{Q-q}{T_2} - \frac{Q}{T_1}\right).$$

La chaleur de dilution, qui est généralement négative lorsqu'il n'y a pas réaction chimique, a pour effet de modifier l'allure de la courbe. L'abaissement du point de cristallisation est diminué, ainsi que la courbure.

Si la chaleur de dilution est assez grande en valeur absolue, la courbure change d'abord de sens pour reprendre son signe habituel vers les basses températures.

Il se produit alors une inflexion.

Cette inflexion, qui était très faible pour la cristallisation du benzène dans l'acide acétique [3], est plus prononcée pour le bromure d'éthylène dans le cyclohexane et davantage encore pour l'acide acétique dans le cyclohexane, comme le montrent la figure et le Tableau ci-après.

$(C^2H^4O^2)^2$.	C^6H^{12}.	T_1.	T_2.	Constituant qui cristallise.
mol 1,000	mol 0,000	289,7	»	$(C^2H^4O^2)^2$
0,904	0,096	»	287,2	»
0,729	0,271	»	284,9	»
0,611	0,389	»	284,15	»
0,540	0,460	»	283,9	»
0,525	0,475	»	284,05	»
0,461	0,539	»	283,9	»

(1) *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 1087.

(2) *Comptes rendus*, t. 154, 1912. Cette expression n'est qu'approchée. Pour avoir une équation plus exacte, il faudrait connaître la relation $q = f(T)$.

(3) E. Baud, *Annales de Chimie et de Physique*, 8e série, 1912, p. 89.

$(C^2H^4O^2)^2$.	C^6H^{12}.	T_1.	T_2.	Constituant qui cristallise.
mol 0,415	mol 0,585	289,7	283,9	$(C^2H^4O^2)^2$
0,320	0,680	»	283,7	»
0,191	0,809	»	282,8	»
0,086	0,914	»	278,6	»
0,057	0,943	»	274,6	»
0,0385	0,9615	279,3	271,95	C^6H^{12}
0,019	0,981	»	275,3	»
0,000	1,000	»	279,3	»

Tous ces mélanges peuvent encore se faire en toutes proportions à l'état liquide. Le phénomène représenté par la figure 1 s'exagérant, on pourrait concevoir une branche de courbe telle que celle de la figure 2.

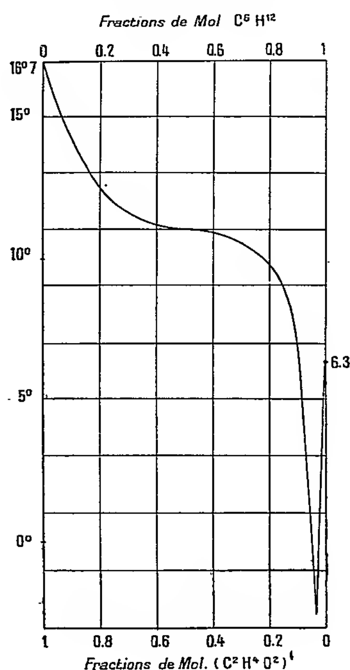


Fig. 1.

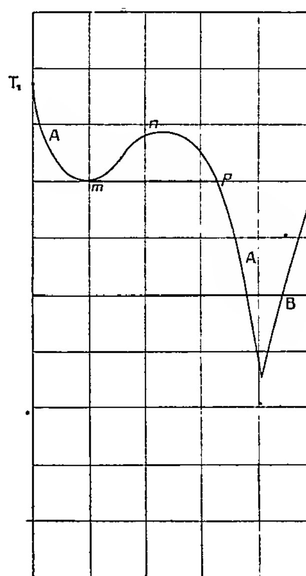


Fig. 2.

Mais la courbe ne peut remonter au-dessus du point *m* et la partie *mnp* ne correspond pas à des mélanges homogènes et n'est pas réalisable.

En effet, la température de cristallisation commençante du corps A dans la solution, de même que sa tension partielle, ne peuvent que diminuer par l'addition d'une nouvelle quantité de l'autre constituant.

Lorsque la concentration correspondant au minimum m a été atteinte, la miscibilité d'une nouvelle quantité de B ne se fait plus.

Dans l'intervalle mp, la température de cristallisation restera constante, puisque la composition de la phase considérée l'est aussi.

Elle recommencera à baisser lorsque la miscibilité redeviendra complète, c'est-à-dire pour la concentration correspondant à p.

C'est l'allure que présente la courbe de cristallisation commençante de l'acide isobutyrique (méthylpropanoïque) dans l'eau (1).

Les mélanges de cyclohexane et d'acide acétique sont assez instructifs au point de vue de la théorie précédente. Ils se font avec une absorption de chaleur relativement grande : La chaleur de dilution est de — $0^{\text{Cal}},440$ pour le mélange équimoléculaire.

Ces mélanges, qui peuvent avoir lieu en toutes proportions, doivent être dans un état très voisin de la miscibilité limitée, à en juger par la courbe (*fig.* 1).

Il suffit, en effet, d'ajouter à la solution équimoléculaire $\frac{4}{1000}$ de son volume d'eau pour provoquer la séparation en deux phases.

Pour trouver les conditions de la miscibilité partielle, il suffira d'écrire que la température de cristallisation commençante ou, ce qui revient au même, que la tension de vapeur partielle du corps considéré passe par un minimum.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la déformation des alliages plastiques et leur recuit après déformation.* Note (2) de M. **A. Portevin**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Les métaux purs et les solutions solides métalliques donnent naissance, lors de leur solidification, à des dendrites qui, par leur limitation mutuelle, divisent le métal solidifié complètement en grains irréguliers de première consolidation ; à chaque édifice dendritique correspond une unité cristalline, grain ou cristal allotrimorphique, caractérisée par son orientation cristalline. Le nombre des grains contenus dans un volume donné croît avec la vitesse de solidification (3) de sorte que l'on peut faire grossir ces grains de

(1) Faucon, *Annales de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. XIX, 1910, p. 98.

(2) Présentée dans la séance du 20 janvier 1913.

(3) D'après Tammann (*Cristallisieren und Schmelzen*), la vitesse de génération spontanée des centres de cristallisation (accroissement du nombre des centres de cristalli-

première consolidation, à volonté, en augmentant la durée de solidification. Nous avons pu, en portant à trois jours la durée totale de refroidissement à partir de l'état solide de divers alliages de cuivre avec le nickel, le zinc, l'aluminium et l'étain, obtenir de ces grains dont les dimensions étaient de l'ordre de grandeur du centimètre.

Dans un de ces alliages (contenant 97,8 pour 100 Cu et 2,2 pour 100 Al) nous avons même trouvé des grains d'une grosseur telle que dans l'un d'eux nous avons pu prélever une éprouvette de compression ayant une hauteur de 17^{mm} et pour bases des rectangles de $12^{mm},8 \times 7^{mm}$ et $9^{mm},5 \times 7^{mm}$, éprouvette à section décroissante donnant, lors de l'essai, des pressions unitaires variables (méthode Frémont).

On s'est assuré qu'on avait affaire à un seul grain en polissant les faces latérales de l'éprouvette et en les attaquant par des réactifs convenables mettant en évidence soit les joints des grains, soit les directions dendritiques, soit les figures de corrosion. Les meilleurs résultats ont été obtenus en employant le persulfate d'ammoniaque en solution à 10 pour 100 à l'ébullition. On a pu constater l'absence de joints de grains, la même orientation des rameaux dendritiques et la similitude des figures de corrosion sur chaque face ; la constitution unigrane fut confirmée par l'effet des déformations, comme on le verra dans la suite.

Cette éprouvette fut déformée par une compression de 600^{kg} parallèle à son axe, qui détermina sur les faces latérales l'apparition de slip-bands ; sur une même face, les slips-bands étaient rigoureusement rectilignes et parallèles. On peut très nettement déterminer la position de la première slip-band sous un grossissement de 200 diamètres.

On peut ainsi constater que ces premières slip-bands sont dans un plan non parallèle aux bases et par suite oblique à la direction de l'effort, l'angle de cette direction avec la normale au plan étant de 33°.

Ce plan est un des *plans de glissement* du grain considéré. Si l'on évalue la pression par unité de surface des sections normales à l'axe de l'éprouvette, on trouve que l'apparition des premières slip-bands se fait pour des pressions unitaires variant de $7^{kg},1$ à $7^{kg},9$. Les composantes de la pression normale et parallèle au plan de glissement ont alors pour valeur unitaire $5^{kg},2$ et $3^{kg},4$.

---

sation par unité de temps dans l'unité de masse), très faible à la température de fusion, augmente lentement avec l'abaissement de température, alors que la vitesse linéaire de cristallisation à partir de ces centres est maxima dans le voisinage de cette température de fusion.

On voit que si l'on admet comme limite élastique la valeur de l'effort correspondant à l'apparition, sous un grossissement de 200 diamètres, des premières slip-bands, cette limite élastique, dans un même grain, dépend de la direction de l'effort et peut varier dans le cas qui nous occupe dans d'assez grandes limites, et, en la mesurant avec précision, comme il vient d'être dit, on arrive à des valeurs beaucoup plus faibles qu'on ne pouvait penser.

Sur chaque face de l'éprouvette, les slip-bands étaient dirigées sensiblement suivant les bissectrices des axes dendritiques.

Si l'on a affaire, non pas à un grain isolé, mais à un conglomérat de grains diversement orientés, comme sont tous les métaux et alliages industriels, on voit toute la complexité du phénomène de déformation, la propagation des déformations dépendant à la fois de la direction interne de l'effort et de l'orientation des grains rencontrés. Il faut donc être extrêmement prudent quand on affirme que la limite élastique en un point a été dépassée ou non.

Recuit. — L'éprouvette ayant subi la compression de 600^{kg} a été ensuite recuite dans du charbon de bois pendant 3 heures à 800° ± 5°. Après repolissage, l'attaque à la solution bouillante de persulfate d'ammonium a montré, dans toute la région primitivement déformée, l'existence d'un grand nombre de grains d'orientation variée et présentant de nombreuses macles. Le recuit après déformation a donc provoqué la naissance de nouveaux grains maclés, fait bien connu (Osmond, Ewing et Rosenhain, Heyn, Charpy, etc.). D'après Ewing, la déformation serait même une condition nécessaire à la cristallisation par recuit; cependant, sur certaines faces de l'éprouvette, les nouveaux cristaux semblent dépasser la limite des slip-bands primitives; il y aurait propagation de la cristallisation dans la région non déformée, fait signalé par Humphrey sur des lames de plomb recuites après pliage [1]. On constate également une recristallisation dans les angles de base de l'éprouvette, mais, dans ces régions, il a très bien pu se produire des déformations par flexion en raison de défauts d'ajustage de l'éprouvette.

Le nombre des grains formés par unité de volume est plus grand dans la partie supérieure de l'éprouvette où la pression unitaire a été plus forte et l'on peut dire que la grosseur des grains formés croît en raison inverse de la pression supportée, mais il serait illusoire de la chiffrer même d'une façon approximative; ce n'est que lorsque l'on a affaire à un grand nombre de grains sensiblement égaux que l'on peut être tenté de se livrer à une telle opération en évaluant le nombre de grains contenus dans un espace donné.

On voit que dans le cas qui nous occupe, le recuit après déformation

---

[1] Osmond et Cartaud (*Rev. de Mét.*, t. III, 1906, p. 678) avaient également constaté que par recuit entre A^2 et A^3 ou au-dessous de A^2 d'un cristal de fer ayant subi la pression d'une aiguille sur une face, il se formait dans un anneau autour du point d'impact de petits grains nouveaux d'orientation quelconque.

amène la division du grain, mais on ne saurait relier les deux facteurs (effort unitaire subi et nombre de grains) même dans les conditions très simples où nous nous sommes placés : unité cristalline, effort croissant linéairement à travers des plans parallèles et par suite connaissance de cet effort en direction et en intensité en chaque point.

Comme d'autre part il est connu expérimentalement que dans un complexe de grains écroui au moins partiellement, il y a, par recuit, croissance de certains individus cristallins aux dépens des autres et par suite diminution du nombre total des grains, effet inverse de celui dont il vient d'être parlé, on conçoit toute la complexité de ces phénomènes et combien il ne faut pas se hâter d'en tirer des conclusions.

En résumé, pour un grain isolé, la limite élastique est une quantité vectorielle, l'effet d'une déformation dépend donc de la direction de l'effort; le recuit après déformation par translation amène une division du grain, le nombre de grains ainsi formés semblant croître avec la valeur de l'effort unitaire subi.

MAGNÉTOCHIMIE. — *Remarques sur l'additivité du diamagnétisme en combinaison.* Note de M. **Paul Pascal**, présentée par M. E. Bouty.

Les recherches de MM. Sève, Weiss et Piccard fixent de façon sans doute définitive le coefficient d'aimantation spécifique de l'eau au chiffre : $-7,2.10^{-7}$. On peut se servir de ce résultat pour recalculer la valeur absolue des coefficients d'aimantation atomique des éléments en combinaison organique, pour lesquels nous ne possédions jusqu'ici que des déterminations relatives.

L'obtention de ces valeurs absolues offre l'intérêt de permettre leur comparaison avec les coefficients atomiques déterminés directement sur les mêmes éléments non combinés, et de montrer jusqu'à quel point se conservent les propriétés diamagnétiques en combinaison, propriété sur laquelle nous avons déjà attiré l'attention il y a 3 ans.

Le Tableau suivant montre avec quelle précision inespérée se vérifie le principe de l'additivité pour les métalloïdes engagés dans une combinaison organique simple.

Éléments.	Coefficients atomiques directs.		Coefficients atomiques en combinaison.	
Hydrogène	$-27 \cdot 10^{-7}$	(K. Onnes)	$-29,3 \cdot 10^{-7}$	(Pascal)
Bore	$-72,6$	(Owen)	$-76,0$	(Pascal)
	-78	(Honda)		
Carbone (diamant)	$-59,5$	(Owen)	$-60,0$	(Pascal)
	-59	(Honda)		
Soufre	-155	(Owen)	-150	(Pascal)
	-154	(Honda)		
Chlore	-201	(Pascal)	-199	(Pascal)
Brome	-320	(Owen)	-304	(Pascal)
	-306	(Honda)		
	-306	(Pascal)		
Iode	-459	(Owen)	-446	(Pascal)
	-444	(Honda		

Pour essayer d'étendre ces résultats aux dérivés métalliques, nous avons en premier lieu examiné de nombreux composés organo-métalliques, et nous avons été ainsi conduit à découvrir un certain nombre de relations qui méritent d'être signalées.

Le coefficient d'aimantation atomique χ_A d'un métal diamagnétique A, calculé par différence, grâce aux règles d'additivité valables en Chimie organique, n'a plus une valeur constante ; il décroît en valeur absolue quand on fait croître le poids moléculaire du dérivé organo-métallique où il est engagé.

Parmi les exemples les plus frappants de cette loi fort générale, citons le cas des dérivés du mercure et de l'étain [1].

Composés ...	$Hg(CH^3)^2$	$Hg(C^2H^5)^2$	$Hg(C^4H^9)^2$	$Hg(C^5H^{11})^2$	limite
$10^7 \cdot \chi_{Hg}$	-460	-408	-361	-354	-331
Composés ...	$Sn(CH^3)^4$	$Sn(C^2H^5)^4$	$Sn(C^4H^9)^4$	$Sn(C^5H^{11})^4$	limite
$10^7 \cdot \chi_{Sn}$	-405	-339	-311	-399	-299

Chacune des deux séries de nombres tend visiblement vers une limite qu'on a calculée approximativement en supposant que les points figuratifs du Tableau se placent sur deux hyperboles équilatères, hypothèse extrêmement voisine de la réalité.

Mais alors s'impose une constatation remarquable, dans laquelle il faut voir autre chose qu'une coïncidence fortuite : les limites calculées précé-

(1) Certains des termes étudiés, non encore signalés, ont été préparés par l'action du magnésien correspondant sur le chlorure du métal.

demment coïncident presque exactement avec les coefficients atomiques du mercure et de l'étain, déterminés directement, savoir :

$$\chi_{Hg} = -334.10^{-7} \text{ (Pascal)}; \qquad \chi_{Sn} = -303.10^{-7} \text{ (Owen)}.$$

Si les résultats précédents se généralisent, comme le font penser d'autres expériences en cours, l'additivité du diamagnétisme des métaux en combinaison organo-métallique de la série grasse se présentera comme une loi limite, pratiquement réalisée dans les termes élevés de chaque série, c'est-à-dire lorsque les métaux perdent au milieu de nombreux atomes métalloïdiques l'individualité si fortement accusée qu'ils possèdent dans leurs combinaisons simples.

Il est facile de prévoir quel intérêt présenterait une telle propriété.

La détermination du coefficient d'aimantation d'un élément diamagnétique présente des difficultés souvent insurmontables, à cause de l'impossibilité où l'on se trouve parfois d'en préparer un échantillon exempt de fer ou d'autres impuretés magnétiques. D'après ce qui précède, il suffirait de passer par l'intermédiaire de ses dérivés organo-métalliques gras, plus faciles à préparer à l'état de pureté chimique et magnétique. En complétant, au besoin, ces déterminations par l'étude des sels organiques correspondants, on aurait sans doute une valeur beaucoup plus sûre, dans bien des cas, du coefficient d'aimantation du métal.

C'est dans ce sens que nous poursuivons ces recherches assez pénibles.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur une méthode d'analyse des mélanges d'hydrogène et d'hydrocarbures saturés gazeux : mélanges complexes.* Note [1] de MM. **P. Lebeau** et **A. Damiens**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans une précédente Communication [2] nous avons montré comment on pouvait procéder à l'analyse quantitative d'un mélange d'hydrogène et de méthane avec l'éthane ou le propane, ou même avec ces deux carbures. Nous décrirons aujourd'hui les expériences qui nous ont permis de généraliser la méthode employée.

Le premier mélange que nous avons étudié dans ce but renfermait de l'éthane (P. E. − 93°), du propane (P. E. − 44°,5) et de l'isobutane (P. E. − 10°,5).

---

(1) Présentée dans la séance du 20 janvier 1913.

(2) P. Lebeau et A. Damiens, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 144.

Pour évaluer par l'analyse eudiométrique les proportions relatives de chacun de ces gaz, il est nécessaire de les séparer en deux portions : l'une formée seulement d'éthane et de propane, l'autre de propane et d'isobutane. Il faut, par conséquent, connaître une température à laquelle l'éthane et une portion du propane seront seuls entraînés sous l'action de la trompe à mercure, l'isobutane restant en totalité dans le condenseur avec l'autre portion du propane.

La température à laquelle l'isobutane a une tension pratiquement nulle est de —118° à — 120°. En outre, nous avons reconnu que l'addition à l'isobutane d'une petite quantité de propane élevait la tension du mélange. A —78° par exemple, 0,9 pour 100 de propane font monter la tension de l'isobutane de $12^{mm},7$ à $19^{mm},9$. Le phénomène est du même ordre pour le propane contenant 1,3 pour 100 de l'éthane. A cette même température, le propane renfermant 1,3 pour 100 d'éthane avait une tension de $147^{mm},7$ au lieu de $145^{mm},1$ pour le propane pur.

En soumettant le mélange des trois carbures à une température inférieure à —120°, on peut espérer extraire la totalité de l'éthane avec du propane. Dans le but de préciser les conditions de l'expérience, nous avons étudié le fractionnement du mélange suivant [1] :

Éthane $9^{cm^3},19$ Propane $7^{cm^3},19$ Isobutane $2^{cm^3},03$

Nous avons résumé dans le tableau suivant les résultats fournis par la combustion eudiométrique des diverses fractions recueillies.

	Température d'extraction.	Éthane recueilli.	Éthane p. 100.	Propane recueilli.	Propane p. 100.	Butane recueilli.	Butane p. 100.
	°	cm³		cm³		cm³	
1...	—135	0,85	100	»	»	»	»
2...	—133	1,34	100	»	»	»	»
3...	—132	1,57	95,9	0,066	6,1	»	»
4...	—130	1,68	95,7	0,075	6,3	»	»
5...	—130	1,44	88,2	0,19	11,8	»	»
6...	—130	1,51	88,7	0,19	11,3	»	»
7...	—127	0,76	59,2	0,52	40,8	»	»
8...	—123,5	»	»	1,86	100	»	»
9...	—121	»	»	1,19	73,9	0,42	26,1
10...	—119	»	»	0,79	80,6	0,19	19,4
11...	—116,5	»	»	1,02	68,2	0,46	31,8
12...	—114	»	»	1,27	70,1	0,54	29,9
13...	+ 14	»	»	»	»	0,37	100
		9,15		7,14		1,98	
	au lieu de	9,19		7,19		2,03	

Il apparaît clairement qu'en maintenant un tel mélange à — 127°, on

(1) Tous les volumes gazeux sont ramenés à 0° et 760^{mm}.

extrait à la trompe à mercure tout l'éthane mélangé d'une partie du propane. Nous citerons l'une de nos expériences de vérification :

Mélange initial : éthane $4^{cm^3},41$; propane $5^{cm^3},35$; isobutane $2^{cm^3},64$. Volume total : $12^{cm^3},40$.

Volume extrait à la trompe à $-127°-130°$: $7^{cm^3},08$.

Composition du gaz : éthane $4^{cm^3},35$; propane $2^{cm^3},57$.

Volume extrait à la température ordinaire : $5^{cm^3},36$.

Composition du gaz : propane $2^{cm^3},90$; isobutane $2^{cm^3},54$.

Composition trouvée : éthane $4^{cm^3},35$; propane $5^{cm^3},47$; isobutane $2^{cm^3},54$. Volume total : $12^{cm^3},36$.

La présence du butane normal ne saurait être indiquée par les combustions eudiométriques, mais il sera possible de constater son existence par un fractionnement convenable des dernières portions.

Dans le cas où les carbures gazeux sont mélangés à des vapeurs de carbures liquides, ou même à ces carbures liquides eux-mêmes, nous refroidissons le mélange à $-78°$, et nous procédons à une première extraction à la trompe à mercure, de manière à séparer tous les carbures gazeux avec une petite quantité de vapeurs de carbures liquides. Vers $-100°$ les pentanes n'ont plus de tension sensible, et l'on peut isoler les carbures gazeux, ce qui nous ramène au cas précédemment étudié.

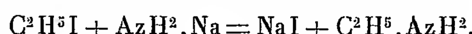
En résumé, en tenant compte des différences de tension des carbures d'hydrogène liquéfiés, nous avons pu montrer qu'à certaines températures il était possible de les séparer en portions ne renfermant que deux carbures connus et pour lesquelles l'analyse eudiométrique pouvait être employée sans indétermination. Cette méthode apporte la solution d'un problème jusqu'ici très imparfaitement résolu.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques réactions de l'amidure de sodium en présence d'ammoniac liquide. Formation des carbures éthyléniques.* Note de M. E. **Chablay**, présentée par M. A. Haller.

Depuis quelques années l'amidure de sodium a fait l'objet d'un certain nombre de travaux de Chimie organique, parmi lesquels je citerai ceux de MM. Titherley, Franklin et Kraus, Franklin et Stafford, Alexeïeff, Brühl. M. Haller [1], en particulier, en a fait un fréquent usage dans ces derniers

[1] Haller, *Comptes rendus*, t. 138, 1904, p. 1139; *Bull. Soc. chim.*, 3e série, p. 1155. — Haller et Bauer, *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 582 et 661.

temps. MM. Meunier et Desparmet [1] ont montré que ce composé pouvait jouer le même rôle que la potasse alcoolique vis-à-vis de certains dérivés halogénés, comme le bromure d'éthylène qui fournit l'acétylène sous l'action de ce réactif. Enfin M. Lebeau [2], dans le but d'expliquer la formation des amines primaires qui prennent naissance dans l'action des métaux ammoniums sur les dérivés halogénés monosubstitués des carbures forméniques, a fait réagir l'iodure d'éthyle sur AzH^2Na en présence de AzH^3 liquide; cette réaction lui fournit en effet l'éthylamine



$$C^2H^5I + AzH^2.Na = NaI + C^2H^5.AzH^2.$$

J'avais d'ailleurs moi-même constaté ce mode de formation des amines, vers la même époque, mais en employant l'iodure et le chlorure de méthyle.

L'amidure de sodium est, comme on le sait, un des produits qui prennent naissance dans l'action des métaux ammoniums sur les dérivés halogénés des carbures saturés. Ayant constaté dans les produits de ces réactions la présence de carbures éthyléniques, j'ai été amené à rechercher si leur formation n'était pas due à l'action de l'amidure de sodium sur les halogénés alcooliques, action qui fournit en même temps les amines primaires.

Iodure de méthyle et amidure de sodium. — Si l'on fait tomber par petites portions de l'iodure de méthyle sur $AzH^2.Na$ en suspension dans AzH^3 liquide, il se produit une vive réaction se traduisant par une ébullition rapide de l'ammoniac. L'opération se fait dans un tube de verre communiquant avec un appareil permettant de recueillir les gaz et d'absorber en même temps l'ammoniac et les amines entraînées au moyen de HCl ou SO^4H^2 étendus. Les produits de la réaction sont constitués par de l'iodure de sodium et de la monométhylamine



$$CH^3I + AzH^2.Na = NaI + CH^3 - AzH^2.$$

Iodure d'éthyle. — En opérant de même avec C^2H^5I, on obtient également une vive réaction, mais toutefois un peu moins énergique qu'avec CH^3I; en même temps il se dégage un gaz présentant toutes les propriétés de l'éthylène; il est en effet absorbé immédiatement par le brome et la combustion eudiométrique lui assigne la formule C^2H^4. Les proportions dans lesquelles il se forme sont les suivantes :

I.

C^2H^5I employé..............	28,412 millimol
C^2H^4 recueilli................	1,729 millimol ou 38^{cm^3},6

II.

C^2H^5I employé..............	28,468 millimol
C^2H^4 recueilli................	1,346 millimol ou 30^{cm^3}

---

[1] MEUNIER et DESPARMET, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. I, 1907, p. 342.

[2] PAUL LEBEAU, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XXXIII, p. 1093.

Rendement en éthylène : 5,4 pour 100 de l'iodure employé en moyenne.

Iodure de propyle normal. — Fournit une réaction un peu moins vive que C^2H^5I; elle est néanmoins immédiate et il se produit un dégagement régulier de propylène :

C^3H^7I employé .... 14,921 millimol
C^3H^6 recueilli .... 5,519 millimol ou $123^{cm^3},2$

Rendement en propylène : 37 pour 100 de l'iodure employé.

Chlorure de propyle normal. — Action moins énergique que dans le cas de l'iodure, mais le rendement en propylène est supérieur :

C^3H^7Cl .... 13,725 millimol
C^3H^6 recueilli .... 9,565 millimol ou $213^{cm^3},3$

Rendement en propylène : 69,6 pour 100 du chlorure employé.

Iodure et chlorure d'isobutyle. — L'iodure fournit l'isobutylène dans les proportions suivantes :

C^4H^9I employé .... 11,249 millimol
C^4H^8 recueilli .... 7,022 millimol ou $156^{cm^3},6$

Rendement en isobutylène : 62,4 pour 100 de l'iodure employé.
Le chlorure d'isobutyle donne encore une proportion plus grande d'isobutylène :

C^4H^9Cl employé .... 6,710 millimol
C^4H^8 recueilli .... 5,609 millimol ou $125^{cm^3},2$

Rendement en isobutylène : 83,6 pour 100 de la théorie.

A côté des amines primaires, l'amidure de sodium réagissant sur les iodures ou les chlorures alcooliques, fournit donc les carbures éthyléniques correspondants; autrement dit, chaque molécule d'amidure enlève une molécule d'hydracide, de la même manière que la potasse alcoolique dans la préparation des carbures éthyléniques. La formation du propylène, par exemple, se traduirait par l'équation



$$C^3H^7Cl + Na.AzH^2 = NaCl + C^3H^6 + AzH^3,$$

réaction analogue à celle que fournit KOH alcoolique



$$C^3H^7.Cl + K.OH = KCl + C^3H^6 + H^2O.$$

On conçoit, dès lors, pourquoi la réaction de CH^3Cl ou CH^3I présente un caractère spécial de simplicité; l'enlèvement d'une molécule d'hydracide

ne pouvant se faire sur un seul atome de carbone, on n'obtient que l'amine primaire dans ces conditions.

La connaissance de ces réactions constitue une indication précieuse dans l'étude de l'action des métaux ammoniums sur les chlorures et les iodures alcooliques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèses de galactosides d'alcools à l'aide de l'émulsine. Propylgalactoside* β *et Benzylgalactoside* β. Note de MM. **Em. Bourquelot**, **H. Hérissey** et **M. Bridel**, présentée par M. Jungfleisch.

Les seuls alcoolgalactosides β connus à l'époque où a été publiée la méthode biochimique de synthèse des alcoolglucosides β (1), étaient le méthylgalactoside β et l'éthylgalactoside β, qui ont été préparés pour la première fois, et cela par voie chimique, le premier, en 1895, par E. Fischer (2) et le second, en 1902, par E. Fischer et E.-F. Armstrong (3). Ces deux galactosides étant hydrolysés par l'émulsine (ou, pour mieux dire, par un ferment contenu dans ce produit), il était à présumer que, non seulement on pourrait les obtenir par une méthode biochimique semblable à celle qui a servi à préparer les alcoolglucosides β, mais encore qu'on pourrait, de la même façon, obtenir les galactosides β des autres alcools.

L'expérience a donné raison à ces prévisions; déjà a été préparé par ce procédé l'éthylgalactoside β (4), et aujourd'hui nous exposons la synthèse de deux nouveaux alcoolgalactosides β, inconnus jusqu'ici, l'un de la série acyclique, le propýgalactoside β, et l'autre de la série cyclique, le benzylgalactoside β.

Propylgalactoside β. — *Préparation.* — Dans 600$^{cm^3}$ d'alcool propylique renfermant, en poids, 20 pour 100 d'eau, on a fait dissoudre 6^g de galactose. Le lendemain, on a ajouté 2^g d'émulsine en poudre et l'on a abandonné le mélange à la température du laboratoire (+15° à +18°), en agitant de temps en temps. La rotation du liquide, qui était au début de l'expérience de +1°28′ (5), a diminué peu à peu comme l'indiquent les chiffres suivants :

---

(1) Em. Bourquelot et M. Bridel, *Comptes rendus, passim*, 1912.

(2) *Ber. d. d. chem. Gesells.*, t. XXVIII, 1895, p. 1145.

(3) *Ibid.*, t. XXXV, 1902, p. 3153.

(4) Em. Bourquelot et H. Hérissey, *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 731.

(5) Le pouvoir rotatoire du galactose est plus faible dans l'alcool propylique que dans l'eau.

Durée.......	10 jours	23 jours	40 jours	53 jours	70 jours
Rotation.....	+ 1°4′	+ 56′	+ 42′	+ 34′	+ 28′

Au bout de 70 jours, la réaction étant fortement ralentie, on a arrêté l'opération et procédé à l'extraction du galactoside supposé formé. On a filtré, on a distillé à sec, sous pression réduite; on a traité à deux reprises le résidu par 400^cm³ d'éther acétique anhydre, bouillant, en employant à chaque fois 200^cm³. On a laissé reposer les liqueurs éthéro-acétiques, plusieurs jours, pour permettre au galactose dissous à chaud de se déposer. On a concentré à 40^cm³, et, par refroidissement, le propylgalactoside a cristallisé en belles aiguilles blanches qu'on a essorées, lavées à l'éther acétique et fait sécher dans le vide sulfurique.

On a ainsi obtenu 2^g de produit qu'on a fait dissoudre dans l'eau. La solution filtrée et limpide a été évaporée à sec, et le résidu cristallisé a été purifié par une cristallisation dans 15 parties d'acétone bouillant.

Le produit obtenu a été séché à l'étuve à + 80° pour enlever toute trace d'acétone.

Propriétés. — Le propylgalactoside β est cristallisé en longues aiguilles blanches; il est inodore, légèrement amer, non hygroscopique; il est très soluble dans l'eau et dans l'alcool. Il fond à + 105°-106° (corr.).

Son pouvoir rotatoire, en solution aqueuse, a été trouvé égal à — 8°,86 ($p = 0,3386$; $v = 15$; $l = 2$; $\alpha = -24'$). Il réduit très légèrement la liqueur cuivrique.

En solution aqueuse, il est hydrolysé par l'émulsine des amandes. La rotation d'une solution de propylgalactoside β à 3,2153 pour 100, a passé, sous l'influence de l'émulsine, en 2 jours, de — 34′ à + 3°36′; il s'était formé, en même temps, 2^g,253 de sucre réducteur, exprimé en galactose, pour 100^cm³.

Si l'hydrolyse avait été complète, la déviation aurait dû passer à + 4°14′; l'hydrolyse n'était donc pas terminée. Mais si, avec ces données, on calcule l'indice de réduction enzymolytique, on trouve 536, c'est-à-dire l'indice du propylgalactoside β (théorie : 543).

Benzylgalactoside β. — *Préparation.* — A 1000^cm³ environ d'alcool benzylique saturé d'eau et limpide, on a ajouté 12^g de galactose finement pulvérisé et 4^g,50 d'émulsine en poudre. Le mélange a été placé, pendant toute la durée de l'expérience, dans une étuve à + 30°.

Au début, la rotation était de + 18′ ($l = 2$). Elle a passé, en 20 à 25 jours, à — 4′ ou — 6′, sans changer par la suite, bien qu'on ait laissé la réaction se prolonger encore pendant 2 mois environ.

A ce moment la solution filtrée a été épuisée par l'eau distillée (9 reprises de 300^cm³ chacune). Les liqueurs aqueuses, réunies, ont été concentrées, sous pression réduite, à 350^cm³ environ, puis agitées avec 400^cm³ d'éther ordinaire pour éliminer l'alcool benzylique entraîné. On a ensuite évaporé le liquide aqueux, à sec, et l'on a repris le

résidu par l'éther acétique anhydre bouillant. Après 24 heures de repos, on a concentré la solution éthéro-acétique à 80^{cm^3} environ et le benzylgalactoside n'a pas tardé à cristalliser. On l'a essoré et on l'a fait sécher dans le vide sulfurique ($2^g,80$ environ). On l'a purifié par une nouvelle cristallisation dans l'acétone bouillant, puis on l'a fait sécher dans le vide sulfurique.

Propriétés. — Le benzylgalactoside β se présente sous forme de longues aiguilles blanches. Il est inodore et possède une saveur amère désagréable. Il n'est pas hygroscopique. Desséché dans le vide sulfurique, il fond à $+100^\circ$-101°, et le produit fondu, solidifié par refroidissement, ne fond plus qu'à $+119^\circ$-120°.

Il est très soluble dans l'eau. Son pouvoir rotatoire en solution aqueuse, est de $-25^\circ,05$ pour une concentration de 2,9933 pour 100. Il ne donne, avec la liqueur cuivrique, que des traces de réduction. L'acide sulfurique à 2,5 pour 100 l'hydrolyse complètement en 2 heures, à la température du bain-marie bouillant. Une solution à 1,4966 pour 100^{cm^3} accusait, après hydrolyse, une rotation de $+1^\circ 32'$ ($l=2$) (théorie $+1^\circ 35'$) et une teneur en sucre réducteur exprimé en galactose de $1^g,014$ (théorie $0^g,997$).

Il est également hydrolysé par l'émulsine des amandes, en solution aqueuse.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'α-chlorocyclopentanone et ses dérivés.* Note de MM. **Marcel Godchot** et **Félix Taboury**, présentée par M. Jungfleisch.

Dans de précédentes Communications [1], nous avons fait connaître de nombreux dérivés cyclopentaniques. La présente Note a pour but d'indiquer les résultats que nous avons obtenus dans l'action du chlore sur la cyclopentanone et de montrer que le dérivé monochloré qu'elle fournit peut servir de matière première pour l'obtention d'une cyclopentanolone et d'une cyclopenténone.

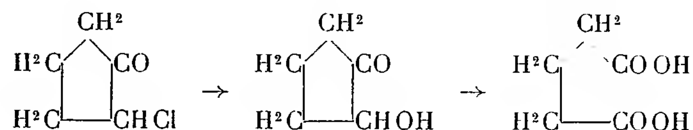
Monochlorocyclopentanone C^5H^7OCl. — Quand on fait passer du chlore sec sur la cyclopentanone, maintenue à la lumière diffuse, en évitant de dépasser une température de 25° et en s'arrêtant lorsqu'on a fait réagir un peu plus de 2^{at} de chlore pour 1^{mol} de cétone, on isole, par distillations fractionnées du produit de la réaction, après traitements convenables, un composé, bouillant vers 80° sous 10^{mm}, qui est constitué par de la mono-

(1) *Comptes rendus*, t. 152, p. 681; t. 153, p. 1010; t. 154, p. 1625; t. 155, p. 1522.

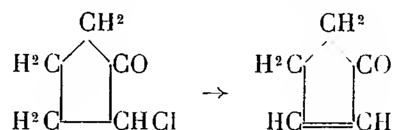
chlorocyclopentanone; les rendements sont voisins de 50 pour 100. Cette cétone chlorée, qui est liquide, a pour densité, à 14°, 1,870 et pour indice de réfraction, à 14° et par rapport à la raie D, 1,4782, ce qui donne pour la réfraction moléculaire 28,26, alors que la réfraction moléculaire théorique est égale à 28,13.

Cyclopentanone-1-*ol*-2 $C^5H^8O^2$. — L'atome de chlore est très mobile dans la monochlorocyclopentanone; l'eau, à 100°, seule ou en présence de carbonate de baryum, l'hydrolyse en donnant la cétone-alcool correspondante. Cette dernière constitue un liquide sirupeux, bouillant vers 80° sous 12^{mm}, ne cristallisant pas à — 23° et dont la densité est égale à 1,1680. Très soluble dans l'eau et tous les dissolvants usuels, elle donne, en solution, une coloration brun rougeâtre avec la potasse et une coloration rouge violacée avec le perchlorure de fer. Elle possède une certaine acidité qui fait virer au rouge le lackmoïde. Avec la phénylhydrazine, elle donne une phénylhydrazone constituée par de belles aiguilles jaunâtres, fusibles à 142°-143°, peu solubles à froid dans le benzène. Avec l'acétate de semicarbazide, elle fournit une semicarbazone se présentant sous forme d'une poudre jaune, insoluble dans l'alcool ordinaire, se décomposant vers 170° sans fondre.

Lorsqu'on oxyde la cyclopentanolone par le permanganate de potassium à 1 pour 100 et à la température ordinaire, on obtient, avec un très bon rendement, de l'acide glutarique. Ce fait établit la constitution de ce nouveau composé, et par suite celle de la chlorocyclopentanone dont il dérive :



Cyclopenténone C^5H^6O. — Cette cétone non saturée prend naissance lorsqu'on essaye de distiller à la pression ordinaire la chlorocyclopentanone, ce qui provoque le départ d'acide chlorhydrique. On arrive au même résultat, mais avec un meilleur rendement, lorsqu'on chauffe le dérivé chloré en présence d'un excès de diéthylaniline :



La cyclopenténone constitue un liquide incolore, à odeur agréable, bouillant vers 135°-136° à la pression ordinaire et vers 40° sous 12mm. Elle est assez soluble dans l'eau et se combine très facilement au bisulfite de soude pour donner une combinaison cristallisée. Sa semicarbazone forme de belles feuilles incolores, fusibles à 214°-215°, peu solubles dans l'alcool froid. Son oxime, qui cristallise en donnant de belles aiguilles de plusieurs centimètres de longueur, fond à 52°-53°. Nous publierons ailleurs le détail de toutes ces recherches.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la minéralisation comparée des régions cancérisées du foie et des régions relativement saines.* Note de M. **Albert Robin**, présentée par M. Armand Gautier.

1° Le foie cancéreux, considéré à l'état sec, tend à s'enrichir en principes inorganiques :

Matériaux inorganiques pour 100 de foie sec.

		g
Cancer du foie à marche rapide	(régions très atteintes)............	5,900
Id.	(régions relativement saines)......	5,400
Cancer du foie à marche lente	(régions très atteintes).............	6,600
Id.	(régions relativement saines)........	6,000
Foie sain.......	....	5,025

2° Les régions cancérisées sont plus minéralisées que les régions relativement saines, sauf en ce qui concerne la magnésie dans le cancer hépatique à marche rapide.

3° La surminéralisation ne porte pas sur tous les principes inorganiques. Certains d'entre eux sont en excès, d'autres sont déficitaires.

4° Les principes fixés en excès, à divers degrés, sont le phosphore, la soude, la potasse, la magnésie et la silice.

5° Les principes déficitaires sont la chaux et le fer.

Pourcentage des fixations et des déficits minéraux par rapport au foie sain.

	Cancer à marche rapide.		Cancer à marche lente.	
Principes en excès.	Régions très atteintes.	Régions saines.	Régions très atteintes.	Régions saines.
Magnésie.................	140	60	24,6	61
Potasse..................	50	73	8,6	8
Soude....................	33	95	98,7	195
Acide phosphorique........	8	11	18,8	2,5

Principes déficitaires.	Cancer à marche rapide. Régions très atteintes.	Régions saines.	Cancer à marche lente. Régions très atteintes.	Régions saines.
Chaux	59	25,6	49,2	19,7
Fer	79	74,7	41	48,1

6° Aucun de ces caractères n'est spécifique du sol cancéreux, puisque j'ai constaté également le déficit de la chaux dans le foie de trois phtisiques, du fer dans le foie d'un d'entre eux, et que la potasse est accrue aussi bien dans le foie cancéreux que dans celui de deux phtisiques sur trois.

7° Il paraît résulter des analyses comparées du foie cancéreux et du poumon tuberculeux que l'activité de construction néoplasique utilise plus de soude que de potasse, alors que la construction tuberculeuse emploie plus de potasse que de soude :

Potasse et soude dans le foie cancéreux et dans le poumon tuberculeux.

Pour 100 de tissu sec.	Potasse.	Soude.
	g	g
Cancer du foie (marche rapide) (parties très atteintes)	0,711	1,612
Id. (parties saines)	0,715	1,085
Foie normal	0,658	0,546
Poumon tuberculeux (parties très atteintes)	1,548	0,912
Id. (parties saines)	1,583	0,845
Poumon normal	0,738 (1)	1,226 (2)

8° La silice, le phosphore, la potasse, la soude et la magnésie semblent être des agents de construction cellulaire néoplasique, mais sans spécificité pour le cancer, tandis que les matériaux déficitaires représenteraient plutôt des agents de défense organique.

9° La teneur en silice est plus grande dans les régions très atteintes que dans celles relativement saines :

Teneur du foie en silice.

	Pour 100 de tissu sec.
	g
Cancer du foie à marche lente (régions très atteintes)	0,015
Id. (régions relativement saines)	0,010
Cancer du foie à marche rapide (régions très atteintes)	0,039
Id. (régions relativement saines)	0,025
Foie gras d'alcoolique	0,005
Foie de phtisique chronique	0,020

(1) Moyenne de 4 analyses (minimum 0g,612 maximum; 0g,852).

(2) Id. (minimum 0g,980 maximum; 1g,360).

10° La silice étant l'un des éléments minéraux pour ainsi dire spécifiques de la construction des tissus conjonctifs et fibreux, son augmentation peut être considérée (contrairement aux autres principes fixés) comme l'expression d'un effort défensif de l'organisme, effort que l'organe intéressé utilisera ou non, suivant les formes de la néoplasie et ses aptitudes évolutives.

11° L'hypothèse précédente sur le rôle de la potasse comme agent de construction cellulaire néoplasique et de la chaux comme agent minéral de défense organique est confirmée par les expériences récentes de Goldzicher.

12° Le fait que le tissu cancéreux du foie possède la propriété de fixer certains éléments minéraux, ouvre une voie aux recherches thérapeutiques. On sait déjà qu'il fixe l'iode (Loeb et van der Velden), l'arsenic en combinaison organique (F. Blumenthal) et le sélénium (Wassermann). Il n'est donc pas irrationnel d'espérer que des recherches cliniques et expérimentales permettront de découvrir le principe inorganique qui, muni des fixateurs capables de s'accrocher aux cepteurs des éléments chimiques constituants de la cellule cancéreuse, sera capable d'exercer sur celle-ci une action modificatrice et peut-être thérapeutique. C'est dans ce sens que j'ai orienté de nouvelles recherches.

PARASITOLOGIE. — *Sur le rôle de la spatule de la Cécidomyie parasite du Buis.* Note de M. J. Chaine, présentée par M. Edmond Perrier.

Le rôle de la spatule des larves de Cécidomyies a été bien discuté par les auteurs qui se sont occupés de ces Insectes, et bien diverses ont été les opinions émises à ce sujet. Dans cette Note, je ne chercherai pas à donner une idée générale des fonctions de cet organe dans l'ensemble de la famille des Cécidomyides; je n'envisagerai seulement que la Cécidomyie du Buis (*Monarthropalpus buxi* Lab.), espèce que j'ai étudiée avec détails et pendant trois années consécutives, soit dans mon laboratoire, soit dans mes champs d'expérience.

Laboulbène a dit que la spatule de la larve de la Cécidomyie du Buis « lui sert, sans nul doute, pour tracer, entre les deux lames de la feuille du Buis, sa galerie de mineuse » et encore qu'elle « décolle à la manière d'un coin les parties supérieure et inférieure de la feuille ». Cela n'est pas, car la spatule n'est bien développée qu'à un moment voisin de la maturité lar-

vaire, c'est-à-dire à une époque où la mine est déjà complètement formée; elle ne saurait donc servir à la constituer.

Beaucoup d'auteurs ont vu dans la spatule un organe de perforation. Cela n'est pas admissible pour la larve du *Monarthropalpus buxi*, cette larve n'ayant jamais rien à perforer. Pendant toute sa vie en effet, elle reste emprisonnée dans sa mine parfaitement close, sans jamais en sortir, ni trouer les lames qui limitent cette cavité; c'est la nymphe qui perce la cécidie, et la nymphe n'a pas de spatule.

Je n'insisterai pas sur l'opinion de Mik, qui considère la spatule comme un instrument de filage. Notre larve ne file pas, puisqu'elle ne forme pas de cocon.

On a aussi admis que la spatule était un organe de locomotion; cette opinion, qui peut être admise pour les espèces libres, ne peut pas être acceptée pour la larve de la Cécidomyie du Buis. Celle-ci, incluse dans sa mine, ne se déplace guère, en effet; et, si par hasard des déplacements ont lieu, ils sont si restreints qu'on ne saurait concevoir qu'un organe spécial soit nécessaire pour qu'ils puissent s'effectuer. Par contre, on peut bien parler de mouvements et de déplacements, lorsque l'animal est extrait de sa loge; mais ceux-ci n'ont guère d'importance, car ils sont anormaux, par le fait que si l'être sort de sa cécidie, c'est par suite d'une action mécanique portant sur la feuille à l'intérieur de laquelle il vit, action à laquelle, du reste, *il reste toujours totalement étranger*.

Je n'ai pas non plus à envisager la spatule comme organe du saut, rôle qui paraît indéniable chez certaines espèces comme l'a, du reste, montré A. Giard. Elle ne saurait remplir cette fonction chez le Diptère qui nous occupe ici par la raison que les larves de la Cécidomyie du Buis, constamment enfermées dans leur mine étroite, ne peuvent jamais sauter; ces êtres ne sautent d'ailleurs pas davantage lorsqu'on les extrait de leur prison et qu'on les pose sur la table d'observation.

On a également dit (Enock, Marchal) que la spatule pouvait permettre à la larve de se retourner dans son cocon. Cette opinion, qui a certainement sa valeur pour les espèces qui se constituent un cocon, ne peut pas être acceptée pour la Cécidomyie du Buis qui ne file jamais cette enveloppe.

Je pense que la spatule de la Cécidomyie du Buis est simplement un organe de soutien, qu'elle permet à la larve de se maintenir en place à l'intérieur de sa mine et qu'elle complète ainsi l'action des verrues; par sa taille et par sa forme elle permet au sujet de mieux se fixer qu'avec seulement ces derniers organes. Cette fonction attribuée à la spatule de cette

espèce concorde bien avec le fait que ce n'est que vers la fin de la vie larvaire que la larve possède un tel organe bien constitué. En ce moment, en effet, la loge est beaucoup plus vaste que précédemment; par conséquent les deux lames foliaires qui la limitent sont plus espacées qu'autrefois; jusque-là les verrues pouvaient suffire à agripper l'être, mais dès lors, par suite de l'élargissement de la loge, la larve ne touchant plus aussi intimement les parois de la mine, elles trouvent un adjuvant des plus utiles dans un organe nouveau, plus long et plus puissant qu'elles.

Par la fixation qu'elle donne au corps, la spatule favorise aussi les *petits* mouvements, *si rares et si limités*, que la larve effectue parfois au sein de sa demeure. Lorsque la larve est extraite de sa mine (*fait sans importance, puisque anormal et indépendant de l'être*), la spatule *peut aider* à la production des mouvements de rotation et de flexion que présente alors l'être, en lui servant d'arc-boutant.

MÉDECINE. — *L'antigène dans la réaction de Wassermann.* Note de M. A. **Desmoulière**, présentée par M. Guignard.

Nous avons, dans trois Notes antérieures ([1]), exposé un résumé de nos recherches sur l'antigène syphilitique, et donné le mode de préparation et l'utilisation d'un antigène à base de cholestérine, dissoute dans une macération alcoolique de poudre de foie épuisée à l'éther.

En ce qui concerne l'utilisation de notre antigène dans la réaction de Wassermann, nous croyons utile d'appeler l'attention sur les points suivants :

1° L'antigène doit être conservé à une température voisine de 15°; ainsi que le fait a été signalé, la conservation des antigènes dans une glacière en modifie les propriétés et doit être rejetée.

2° Il est préférable d'effectuer la dilution de notre antigène dans du sérum physiologique, préalablement amené à une température voisine de 20°.

La dilution effectuée avec du sérum physiologique froid peut occasionner la précipitation de flocons de cholestérine, ce qui rend le produit non

([1]) A. Desmoulière, *L'antigène dans la réaction de Wassermann* (*Comptes rendus*, t. 155, p. 592, séance du 23 septembre 1912; p. 927, séance du 4 novembre 1912; p. 1110, séance du 25 novembre 1912).

homogène, en modifie les propriétés, et rend impossible la répartition exacte de la dilution dans les tubes à hémolyse.

3° Nous insistons sur la nécessité de faire un titrage préalable, afin de déterminer la dose de complément dilué permettant, pendant le second séjour à l'étuve, d'obtenir, dans le témoin antigène, l'hémolyse totale H_4 en une demi-heure. Étant donnée la différence parfois très grande, du pouvoir complémentaire du sérum chez des cobayes différents, il peut arriver que la dose maxima que nous avons précédemment indiquée : $0^{cm^3},2$ de complément à $\frac{40}{60}$, soit insuffisante pour obtenir le résultat cherché. Dans ces cas, le complément doit être considéré comme trop faible, et remplacé par un autre sérum de cobaye dilué.

4° On ne doit interpréter les résultats qu'après centrifugation, en utilisant l'échelle colorimétrique dont nous avons indiqué la composition, et après avoir vérifié que les témoins se sont comportés normalement.

Nous avons dit, dans une Note précédente, que nous poursuivions nos recherches en vue d'obtenir un antigène complètement artificiel. Ces recherches nous ont conduit à la formule suivante :

Cholestérinè pure	1^g
Solution de $0^g,50$ lécithine (¹) dans q. s. d'alcool absolu pour faire 100^{cm^3}	10^{cm^3}
Solution renfermant 37^g de savon de soude sec, dans 1000^{cm^3} d'alcool à 60° (²)	3^{cm^3}
Alcool absolu, q. s. pour faire	100^{cm^3}

La cholestérine est ajoutée au mélange des liqueurs, le tout est placé dans un flacon bien bouché, et mis à l'étuve à 37°, en agitant de temps en temps. La dissolution totale de la cholestérine est obtenue en quelques heures au maximum.

Pour l'emploi, la solution ci-dessus est diluée dans du sérum physiologique. La dilution au 15ᵉ ($0^{cm^3},1$ solution + $1^{cm^3},5$ sérum physiologique) nous a semblé préférable. Cette dilution se présente sous forme d'un liquide trouble, avec ondes soyeuses par agitation; on l'utilise comme antigène dans la réaction de Wassermann à la dose de $0^{cm^3},1$, $0^{cm^3},2$ ou $0^{cm^3},3$. Une expérience préliminaire indispensable permet de déterminer la dose de complément à faire intervenir dans la réaction, c'est-à-dire la dose de complément permettant l'hémolyse totale en présence d'ambocepteur, de globules de mouton lavés, et des $0^{cm^3},1$, $0^{cm^3},2$ ou $0^{cm^3},3$ d'antigène dilué. Les diverses

---

(¹) Nous avons utilisé dans nos expériences le distéaroglycérophosphate de choline, extrait de l'œuf.

(²) Cette solution est analogue à celle connue dans les laboratoires sous le nom de *liqueur hydrotimétrique*.

manipulations et l'interprétation des résultats sont exécutés comme nous l'avons exposé dans une Note antérieure.

Dans 150 expériences environ, portant sur un nombre sensiblement égal de sérums normaux et de sérums de syphilitiques, nous avons obtenu avec l'antigène ci-dessus des résultats analogues à ceux obtenus à l'aide d'un bon antigène de foie d'hérédo-syphilitique. Nous ne considérons pas la formule d'antigène chimique précédemment indiquée comme définitive, il est probable en effet que cette formule est susceptible de modifications permettant une sensibilité plus grande; nous continuons nos recherches dans ce sens.

D'ores et déjà, le fait d'avoir pu obtenir avec une solution tout à fait artificielle, à base de cholestérine, lécithine et savon, des résultats de même sens que ceux fournis par l'emploi des antigènes actuellement utilisés, nous paraît présenter un grand intérêt théorique et pratique.

MÉDECINE. — *Emploi d'extraits végétaux dans la réaction de Wassermann.* Note de M. L. Tribondeau, présentée par M. A. Laveran.

Les extraits de certaines farines (avoine, lentilles, pois, etc.) agissent comme des extraits-lipoïdes animaux : ils dévient le complément en présence de sérums syphilitiques, et ne le dévient pas avec des sérums normaux. Les résultats de séries de séro-diagnostics de syphilis, pratiqués concurremment avec des extraits végétaux et avec des extraits cardiaques Noguchi éprouvés par un long usage, ont été nettement concordants.

Fabrication des extraits. — 1° *Extraits bruts.* — Épuiser par l'alcool absolu, ou l'acétone, des farines de céréales ou légumes (commerciales, ou obtenues par broiement de graines sèches, par exemple dans un moulin à café turc), en lavant, centrifugeant et décantant à plusieurs reprises. Concentrer la solution à l'étuve à 37° jusqu'à apparition d'un trouble (qui disparaît spontanément dans la suite).

2° *Extraits épurés.* — Traiter les farines comme précédemment par l'alcool absolu, ou l'acétone, ou l'éther, jusqu'à ce que le dissolvant n'entraîne plus apparemment de substances (dans le cas de farines colorées, s'arrêter quand elles ne cèdent plus au liquide de leur pigment normal : jaune pour les lentilles, vert pour les pois). Dessécher les farines; les reprendre par un second dissolvant : alcool ou acétone; concentrer par évaporation la solution obtenue.

La farine qui nous a donné les extraits les plus abondants et les plus riches est celle de pois (pois cassés des épiciers).

Les extraits bruts, les plus simples, sont franchement actifs; mais comme ils renferment une grande quantité de substances dissoutes, ils donnent, à doses un peu élevées, des émulsions épaisses qui rendent la constatation de l'hémolyse difficile. Or beaucoup de ces substances (graisses, résines, chlorophylle, etc.) sont inutiles; les extraits épurés sont donc plus indiqués.

Ceux épurés par l'acétone ou par l'éther ont l'avantage de fournir des émulsions beaucoup moins troubles et de contenir, pour une concentration analogue, une proportion plus grande de substances actives. Par contre, le traitement préalable par l'alcool est mauvais, car les extraits obtenus ensuite sont à peu près inactifs (l'alcool a enlevé presque toutes les substances actives).

Pour la purification, l'éther est préférable à l'acétone : les extraits obtenus troublent à doses plus élevées, et dévient à doses plus faibles.

Pour l'extraction après épuration, l'alcool est très bon, mais l'acétone le vaut, et a même sur lui l'avantage d'être un coagulant moins énergique.

Or deux choses empêchent l'emploi de fortes quantités d'extraits : le trouble de l'émulsion qu'ils donnent (nous en avons déjà parlé), et l'action coagulante du dissolvant qu'ils contiennent. Cette dernière est d'autant moindre que l'extrait est soumis à une dilution plus grande. Il est facile de s'en assurer en versant, dans plusieurs tubes contenant une même quantité d'eau salée physiologique et des proportions croissantes d'alcool ou d'acétone, $0^{cm^3},1$ de sérum humain frais; un louche net, dû à la coagulation du sérum, apparaît dans une dilution d'alcool à environ $\frac{1}{10}$ et d'acétone à $\frac{2}{10}$; avec davantage d'alcool on provoque un gros précipité. Ensuite, si l'on ajoute dans chaque tube $0^{cm^3},1$ de sang de mouton à $\frac{5}{100}$, on voit qu'il est peu ou pas hémolysé dans les tubes troubles; c'est que la coagulation a altéré les hémolysines naturelles du sérum. La quantité la plus forte d'un extrait qu'on peut employer sans coagulation et sans trouble gênant est la *dose maxima utilisable*.

Dans nos expériences, nous avons adopté une réaction du type Hecht-Levaditi-Latapie, dans laquelle le volume de liquide au premier temps (extrait végétal + eau physiologique + $0^{cm^3},1$ de sérum humain frais, ajouté après dilution de l'extrait dans l'eau) était de 1^{cm^3}; nous devions donc utiliser moins de $0^{cm^3},1$ d'extrait alcoolique, et moins de $0^{cm^3},2$ d'extrait acétonique.

En cas de besoin, on pourrait augmenter la dose utilisable en augmentant la quantité d'eau dans les tubes. Mais il est inutile d'en venir là, parce qu'on peut obtenir des extraits végétaux dont l'*unité* (dose la plus faible déviant le complément en présence d'un sérum syphilitique) est petite, et, par suite, le coefficient d'activité $\left(\frac{\text{dose maxima utilisable}}{\text{unité}}\right)$ grand.

Par exemple, l'unité d'un de nos extraits acétoniques de pois épurés par l'éther était de $0^{cm^3},0003$ (vis-à-vis d'un sérum de syphilitique en période de roséole intense, et non

traité). Comme on pouvait, sans trouble gênant, utiliser $0^{cm^3},02$ d'extrait dans des tubes contenant 1^{cm^3} de liquide, on disposait de $\frac{0,02}{0,0003}$, c'est-à-dire près de 70 unités d'extrait (*coefficient d'activité* de l'extrait = 66).

Conclusions. — On peut, avec des farines, obtenir de bons extraits pour le Wassermann. Le meilleur jusqu'ici est l'extrait acétonique de pois épurés par l'éther; or les pois offrent avec les organes d'où l'on retire les extraits animaux certains caractères communs, à savoir : richesse en lécithines et en cholestérine. Les extraits végétaux sont faciles à obtenir; ils ne sont ni hémolytiques, ni à eux seuls anticomplémentaires par leurs substances dissoutes; leur coefficient d'activité peut être élevé; leur composition paraît assez constante; leur action est simple, car ils ne contiennent pas de ces protéines qui rendent parfois les extraits animaux anticomplémentaires même en présence de sérums sains : autant de raisons pour les préférer aux extraits animaux. Notons enfin combien avec eux nous nous éloignons de la conception première de Wassermann qui attribuait l'activité de ses extraits à la dissolution des tréponèmes.

HYGIÈNE. — *Sur la purification bactérienne des huîtres en eau de mer filtrée.* Note (¹) de MM. E. **Bodin** et F. **Chevrel**, présentée par M. Prillieux.

Nos expériences sur la stabulation des huîtres en eau de mer artificielle filtrée nous ont donné des résultats très nets, démontrant l'efficacité parfaite de ce procédé pour la purification microbienne des huîtres infectées. Ces résultats confirment pleinement ceux de M. Fabre-Domergue (²).

Le bassin de stabulation que nous avons employé a été décrit par l'un de nous dans une Note présentée à l'Académie le 12 janvier 1912. L'eau de mer artificielle a été faite selon cette formule due à l'obligeance de M. Fabre-Domergue :

	g
Chlorure de sodium	27
Chlorure de magnésium	3
Chlorure de potassium	1
Sulfate de magnésie	1,75
Sulfate de chaux	1
Eau	1000

(Le liquide est ensuite additionné d'eau, si besoin, de façon à donner une densité de 1022.)

(¹) Présentée dans la séance du 20 janvier 1913.

(²) Fabre-Domergue, *Nouvelles expériences sur l'épuration bactériologique des huîtres en eau filtrée* (*Comptes rendus*, t. 154, séance du 6 mai 1912, p. 1257).

Après divers essais, l'appareil a été réglé de telle sorte que le courant d'eau filtrée renouvelle complètement l'eau du bassin de stabulation en 2 heures, soit 12 fois en 24 heures.

Pendant 2 mois et demi cet appareil a fonctionné sans arrêt et sans qu'il y ait à changer l'eau; durant toute cette période d'expérience, l'efficacité du filtre de sable non submergé, construit sur les données de M. Miquel, a été constante et parfaite, sans colmatage appréciable.

Nos recherches ont été conduites d'abord sur le thème adopté par M. Fabre-Domergue, c'est-à-dire en utilisant des huîtres provenant de divers parcs et dans lesquelles la présence du *Bacterium coli* commun est l'indice certain d'une souillure microbienne qui s'est ainsi produite dans les conditions naturelles. Des lots de 200 et 300 huîtres ont été étudiés en faisant, avant et au cours de la stabulation, des prélèvements de 10 huîtres pour la recherche du *Bacterium coli*.

Celle-ci a été pratiquée sur la totalité du corps de l'huître dissocié dans le liquide de la coquille, suivant le procédé habituel employé pour les analyses d'eaux : isolement des germes poussant à 40° sur le bouillon phéniqué à 0,80 pour 100.

En chaque cas le *Bacterium coli* a été caractérisé par ses réactions classiques. Cette manière de faire nous a donné, par comparaison, des résultats plus précis que la méthode employée par M. Fabre-Domergue [1].

Dans toutes les expériences, les résultats ont été très analogues : la purification microbienne des huîtres s'opère rapidement; dès le deuxième jour de la stabulation le nombre d'huîtres infectées subit une chute brusque, puis la purification s'achève un peu plus lentement. Elle est terminée après 5 jours pleins. En effet, au sixième jour nous n'avons en aucuns cas trouvé de *Bacterium coli* ou d'espèces coliformes voisines dans les huîtres stabulées. Nous n'y avons décelé, parmi les espèces poussant à 40° sur bouillon phéniqué, que du *Bacillus subtilis*, du *Bacillus mesentericus vulgarus*, et un gros *Coccus*. Il est remarquable qu'un certain nombre d'huîtres ne donne plus alors de culture en 12 heures sur le bouillon phéniqué à l'étuve à 40°, ce qui montre bien l'intensité de la purification bactérienne.

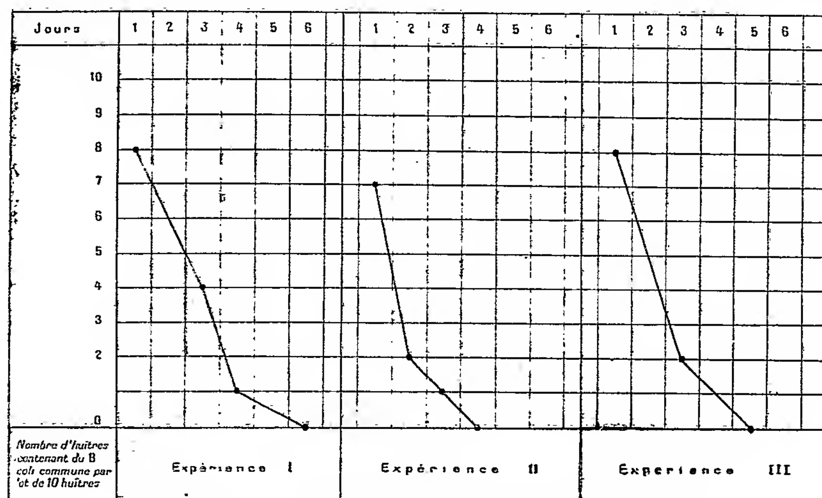
Les graphiques que nous donnons ci-après résument trois de nos expériences et indiquent nettement la marche de cette purification.

Nous avons tenu enfin à vérifier la disparition du bacille typhique lui-

(1) FABRE-DOMERGUE, *Procédé de recherche du* B. coli *en cultures anaérobies dans les eaux et dans les huîtres* (*Comptes rendus*, 27 décembre 1910).

même dans l'huître stabulée. Pour cela, nous avons observé des huîtres infectées artificiellement par un séjour de 24 heures dans l'eau de mer, additionnée d'une certaine quantité d'une culture de ce microbe.

Après contamination par une eau renfermant, au centimètre cube, 1000 bacilles typiques, l'huître, stabulée dans les conditions que nous avons précisées, se débarrasse très vite du bacille, car ces germes, que nous avons



Purification bactérienne de l'huître au bassin de stabulation.

trouvés nombreux après 24 heures, puis rares au bout de 48 heures, ne sont plus décelables à la culture à la fin du troisième jour [1].

Il est intéressant d'ajouter que, au cours de la stabulation prolongée 6 jours dans l'eau de mer dont nous nous sommes servis, la valeur marchande du mollusque n'a pas diminué d'une manière appéciable, ainsi que nous l'avons fait constater par plusieurs commerçants.

Ces expériences, qui viennent appuyer et compléter celles de M. Fabre-Domergue, établissent donc que la stabulation des huîtres en eau de mer, filtrée sur filtre de sable non submergé, aboutit sûrement, au sixième jour, à la purification bactérienne de ces mollusques qui peuvent alors être consommés sans danger.

---

[1] Pour chaque échantillon examiné, la recherche du bacille typhique a été faites parallèlement de deux façons différentes : 1° culture du liquide de dissociation d'huîtres sur bouillon simple à 40° et isolement ultérieur des bacilles; 2° ensemencement du liquide sur plaques de gélose lactosée, tournesolée, et reprise de toutes les colonies bleues.

Ainsi se trouve donnée d'une manière simple la solution du problème de la prophylaxie des accidents infectieux d'origine ostréaire, si importante au point de vue de la santé publique et des intérêts de l'industrie ostréicole.

BACTÉRIOLOGIE. — *Les anaérobies dans la fièvre typhoïde.* Note de M. J. **Loris-Mélikov**, présentée par M. Roux.

Il était intéressant d'étudier la flore bactérienne accompagnant le bacille d'Eberth et de voir si, parmi les microbes qui la composent, il en est qui sont susceptibles de jouer un rôle important et d'imprimer à la maladie une allure clinique spéciale. La tuméfaction et l'action nécrosante produites sur les follicules lymphatiques sont-elles le fait du seul bacille d'Eberth ou d'une association de ce bacille avec une autre bactérie analogue à ces anaérobies protéolytiques à pouvoir nécrosant, bacille de Weltch (*Perfringens*) vibrion septique ou *B. Sporogenes* de Metchnikoff?

Les recherches que j'ai entreprises pour élucider ce problème m'ont donné des résultats fort intéressants. J'ai trouvé, dans presque tous les cas des selles typhiques, un bacille anaérobie, qu'on peut appeler *Satelitis*, qui avait des propriétés morphologiques, biologiques et chimiques toutes spéciales, le différenciant de tous les microbes décrits jusqu'à présent. Il peut se placer dans la classification bactérienne entre B. de Weltch (*Perfringens*) et *B. Sporogenes* [1].

Sa virulence est extrêmement variable. Tantôt on rencontre des échantillons très pathogènes et très virulents, tantôt des formes peu actives. Cette variation de la virulence rappelle celle du B. d'Eberth. Injecté dans le péritoine à la dose de 1^{cg}, sa culture en bouillon tue le cobaye de 250^{g} à 300^{g} en 16 heures au plus. Cette virulence baisse assez rapidement dans les cultures un peu vieilles. Pour la faire reparaître, il suffit d'augmenter la dose ou le mélange avec la culture d'Eberth. Après 2 ou 3 passages par le cobaye, le bacille *Satelitis* récupère sa virulence. A l'autopsie, on observe les plaques de Peyer, tuméfiées et ulcérées. Les ganglions mésentériques, surtout de l'appendice iléo-cæcal, sont tuméfiés.

La muqueuse qui recouvre le follicule a disparu, le tissu lymphoïde est nécrosé par place, mais l'ulcération n'atteint jamais les couches musculaires. L'ingestion de ce microbe produit les mêmes lésions, mais plus

---

[1] Communication à la *Société de Biologie*, 27 mai 1912.

atténuées. Le sérum des typhiques agit sur ce microbe et l'agglutine à 1 pour 100. Ce microbe ne se trouve que dans les cas de typhoïde confirmés. Dans près de 50 cas, chez des individus normaux ou chez des malades atteints d'affections intestinales ou autres, je n'ai jamais pu le retrouver.

Avec ce microbe j'ai rencontré d'autres anaérobies connus, *B. Sporogenes* de Metchnikoff, *B. Rodella III* et B. de Weltch (*Perfringens*). En outre, j'ai observé une variété de *Perfringens*, variété acétique, ne donnant comme acide volatil que l'acide acétique. Cette variété, plus virulente que *B. Perfringens* banal, se différencie de lui par quelques caractères morphologiques et biologiques, mais aucun de ces microbes ne produit d'ulcération des plaques de Peyer.

En général, on peut dire, en mettant de côté les formes hypertoxiques de la fièvre typhoïde, que ces micro-organismes sont nombreux dans les selles typhiques et que, par conséquent, leur action ne doit pas être négligeable. La présence, dans les urines des malades, d'indol et de phénolsulfates, en abondance avec une alimentation lactée ou des plus réduites, démontre la présence dans l'intestin de nombreuses bactéries, productrices d'indol et de phénol comme sont la variété acétique du *B. Perfringens* et surtout le bacille *Satelitis*.

Il était intéressant de chercher dans l'huître, qui est parfois le véhicule de la fièvre typhoïde, la présence de ces anaérobies. J'ai fait des recherches dans ce sens et j'ai pu me rendre compte que l'eau baignant le mollusque dans sa coquille ne contient pas le *B. Satelitis* tandis que le contenu de l'estomac possédait, dans presque le tiers des cas, le *B. Satelitis* et plus rarement le *B. Sporogenes*. Dans l'intestin, on ne trouvait pas d'anaérobies.

D'après tout ce que nous venons de dire, il est permis de supposer que, dans la fièvre typhoïde, il existe deux processus distincts : l'un de type septicémique dû à l'action d'un microbe, le B. d'Eberth, pouvant vivre dans la circulation générale ou dans les organes hématopoïétiques, l'autre de type nécrosant se passant uniquement dans la région iléo-cæcale, causé par un anaérobie strict protéolytique puissant, le bacille *Satelitis*. Parfois l'un de ces deux processus prime nettement et donne à la maladie une allure clinique spéciale.

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Influence des saisons et des glandes génitales, sur les combustions respiratoires chez le cobaye.* Note de M. F. **Maignon**, transmise par M. Chauveau.

Dans des recherches antérieures ([1]) j'ai étudié l'influence des saisons sur la glycogénie, en opérant sur le glycogène musculaire, beaucoup moins sujet aux fluctuations alimentaires que le glycogène hépatique.

Ces expériences, que je résumerai très brièvement pour la compréhension des recherches actuelles, montrèrent que le glycogène musculaire, chez le chien, présente, aux diverses époques de l'année, de très grandes variations, pouvant aller du simple au double. Cette substance passe par un maximum, au printemps et à l'automne, et par un minimum en été et en hiver.

Des recherches analogues, effectuées sur des cobayes, des carpes, m'ont donné des résultats semblables. Chez tous ces animaux, j'ai observé une poussée glycogénique importante au printemps. Des courbes distinctes, établies pour les mâles et les femelles, montrèrent une influence très nette du sexe. Chez le cobaye et la carpe, les muscles des mâles furent constamment plus riches en glycogène que ceux des femelles. La castration, d'ailleurs, opérée sur des cobayes mâles, eut pour effet d'abaisser, d'une manière très sensible, la teneur des muscles en glycogène, et de niveler l'écart existant entre les deux sexes. Inversement, l'injection de suc testiculaire, chez les cobayes mâles, produisit une augmentation notable du glycogène musculaire, tandis qu'elle fut sans action sur les cobayes castrés et les femelles.

Les saisons, qui influencent manifestement l'activité des glandes génitales, semblent exercer, en grande partie, leur action sur la nutrition, par l'intermédiaire de ces derniers organes.

Cette influence n'est pas une question de température, car des cobayes maintenus en hiver, dans une couveuse à 25° ou 30°, pendant trois semaines, montrèrent, dans leurs muscles, autant de glycogène que les animaux témoins.

Dans les recherches qui font l'objet de cette Communication, j'ai fait, chez le cobaye, relativement aux oxydations organiques, une étude parallèle à la précédente. J'ai déterminé, pendant une durée d'une année, tous les deux ou trois jours, les combustions respiratoires sur deux lots de cinq cobayes mâles, l'un renfermant des animaux castrés, l'autre des sujets non castrés. Les animaux étaient soumis à une alimentation uniforme, composée d'avoine et d'herbages; les combustions étaient déterminées par la méthode de confinement, et les sujets pesés à l'entrée et à la sortie de la

([1]) *Influence des saisons sur la richesse des muscles en glycogène* (*Comptes rendus*, 29 juillet 1907).

cage respiratoire, d'une contenance de 2^{m^3}, dans laquelle ils séjournaient 24 heures. Pour l'analyse de l'air expiré, je me suis servi de l'eudiomètre à phosphore de Laulanié.

Dans le Tableau suivant, se trouvent indiquées les moyennes des déterminations correspondant à des périodes d'un mois environ. Une colonne contient les moyennes mensuelles du coefficient respiratoire (consommation d'oxygène par heure et par kilogramme d'animal), la suivante donne le nombre d'expériences ayant servi à établir ces moyennes, et enfin la dernière indique les températures du laboratoire au moment des expériences. Les animaux étaient enfermés dans la cage, le matin, vers 8^h, et la température prise avant d'avoir allumé du feu, en hiver. Les variations de cette température nous donnent donc le sens des variations de la température extérieure.

Époque de l'année.	Cobayes non castrés. Coefficient respir. moyen.	Cobayes non castrés. Nombre d'expér.	Cobayes castrés. Coefficient respir. moyen.	Cobayes castrés. Nombre d'expér.	Température moyenne du laboratoire, le matin, avant de chauffer.
	cm³		cm³		°
Juillet	1039	7	1047	10	18,6
Août	855	1	905	1	20,0
1er sept. au 8 octobre	975	10	931	9	15,8
9 octobre au 10 nov.	1063	11	970	8	13,4
11 nov. au 10 déc.	1017	6	1073	6	8,7
11 déc. au 31 déc.	963	3	924	5	9,6
Janvier	864	4	958	5	7,5
1er au 20 février	861	4	977	4	7,7
21 février au 31 mars	1026	7	970	9	9,7
Avril	970	6	968	5	11,1
Mai	960	7	932	6	15,1
Juin	947	1	»	»	18,0
Juillet	775	3	809	5	19,3

Si, à l'aide de ces chiffres moyens, on construit la courbe des variations de température, ainsi que les courbes de consommation d'oxygène, on obtient un graphique, dont l'examen nous montre que les sujets castrés et non castrés ne se comportent pas de la même manière.

Chez les *sujets non castrés*, et contrairement à ce que l'on admettait jusqu'à ce jour, *l'intensité des combustions respiratoires ne varie pas en fonction inverse de la température extérieure*. Ce n'est pas au moment où il fait le plus froid que les combustions sont le plus importantes; la courbe signale, au contraire, un minimum en janvier et février, comme aux mois

de juillet-août. Par contre, *la consommation d'oxygène passe par deux maxima, au printemps et à l'automne, aux deux époques qui influencent l'activité des glandes génitales et .a glycogénie.*

Il semble que cette action des saisons sur les combustions organiques s'exerce, en très grande partie du moins, par l'intermédiaire des glandes génitales, car les animaux castrés ne donnent plus les mêmes résultats. Chez eux, les combustions paraissent surtout influencées par la température extérieure, car elles varient d'un mois à l'autre, en sens inverse de cette dernière.

En résumé, chez les animaux non castrés, l'activité nutritive subit une exacerbation au printemps et à l'automne, au moment de la suractivité des glandes génitales, exacerbation qui est révélée par une poussée glycogénique et une augmentation des combustions respiratoires. Ces phénomènes sont en relation d'autre part avec la poussée de croissance observée chez les jeunes sujets à ces deux époques.

HISTO-PHYSIOLOGIE. — *Du rôle du tissu conjonctif du corps ciliaire dans la transmission de la contraction du muscle ciliaire et de l'importance de la zonule dans l'accommodation de l'œil.* Note [1] de M. **Jacques Mawas**, présentée par M. Henneguy.

Il est curieux de constater combien les théories émises pour expliquer le changement de forme du cristallin dans l'accommodation ont été élaborées sur des données anatomiques la plupart du temps incomplètes ou même entièrement fausses. Sans entrer dans les détails d'une critique propre à chacune des nombreuses explications que les auteurs ont imaginées, faisons simplement observer qu'une partie importante de l'appareil accommodateur, la zonule, a été toujours négligée, soit qu'on n'en tînt absolument pas compte, soit qu'on ignorât totalement ses attaches exactes et ses rapports.

La théorie classique, plus exactement l'hypothèse de Helmholtz, par exemple, considère la zonule comme une membrane faisant suite à l'hyaloïde, et qui se diviserait, au niveau du cristallin, en deux parties : l'une pour sa face antérieure, l'autre pour sa face postérieure. Or, nous savons aujourd'hui que la zonule n'est pas une membrane. mais un ensemble de fibres, et qu'elle n'a rien à voir avec l'hyaloïde. Dans la même théorie, on fait jouer un rôle considérable au muscle circulaire, dit *de Müller*, muscle qui n'existe pas, comme nous l'avons montré dans nos deux Notes précédentes. De plus

[1] Présentée dans la séance du 20 janvier 1913.

on admet, toujours dans la même théorie, et sans en donner aucune preuve, que, lors de la contraction du muscle, la zonule se relâche, pour *permettre* au cristallin, grâce à son élasticité propre, d'augmenter sa courbure antérieure. Il est aisé de voir ce qu'il y a d'artificiel dans une pareille explication, car ce n'est, d'après Helmholtz, qu'une explication. Elle est basée en partie sur la forme arrondie du cristallin mort, soustrait par conséquent à la traction zonulaire physiologique.

La théorie émise récemment par M. Tscherning est plus conforme aux faits et partant plus exacte. Malheureusement l'explication du phénomène de l'accommodation que donne l'auteur ne correspond pas exactement à l'anatomie de la région.

Dans une série de travaux antérieurs nous avons montré : 1° que la zonule de Zinn était formée par un ensemble de fibres, élastiques et extensibles, qui reliaient le cristallin au corps ciliaire; 2° que les fibres zonulaires naissaient sur toute la longueur de la rétine ciliaire, depuis l'*ora serrata*, jusqu'à l'angle irido-ciliaire; 3° et qu'on devrait les considérer comme des formations exoplastiques des cellules claires de la rétine ciliaire.

L'étude de leur développement chez l'Homme et chez les Mammifères confirme entièrement notre manière de voir : les fibres zonulaires font partie intégrante de la couche claire de l'épithélium ciliaire. Ce sont des formations purement épithéliales et de signification névroglique ([1]).

Comment comprendre l'action du muscle ciliaire sur ces fibres, et quel est le rôle de la zonule dans l'accommodation?

Le muscle ciliaire de l'Homme et des Mammifères est plongé dans une masse de tissu conjonctif et élastique, toujours très développée. L'emploi des méthodes électives pour la mise en évidence des fibrilles conjonctives ou des fibrilles élastiques montre que les fibres musculaires sont intimement unies entre elles par un riche réseau de filaments conjonctifs, réseau qui se continue d'une part dans la masse conjonctive fondamentale de la choroïde et d'autre part dans celle de l'iris et dans le ligament pectiné. Chez certains animaux (Chat, Chien, par exemple) ce tissu conjonctif est ordonné par rapport aux faisceaux musculaires qu'il sépare par paquets et qu'il réunit à l'ensemble du corps ciliaire. Dans ce tissu conjonctif circule un riche réseau vasculaire et nerveux, avec par endroits des cellules ganglionnaires, et, souvent, avec une intensité variable suivant le cas, de très belles cellules pigmentaires à multiples ramifications anastomosées.

Dans les yeux adultes il existe, entre le muscle et l'épithélium ciliaire, une bande de tissu conjonctif dense, surtout remarquable chez l'Homme,

([1]) Dans toutes ces Notes, nous laissons systématiquement de côté toutes les questions de bibliographie et d'historique, qui trouveront mieux leur place dans un Mémoire complet.

sorte de coussinet conjonctif sous-épithélial, dont le maximum de développement se trouve dans la zone des procès. Ce coussinet conjonctif envoie, dans l'axe de chaque procès, une lamelle de même nature qui en forme la charpente et en assure la solidité.

Ainsi donc le muscle ciliaire est parfaitement isolé de la zonule non seulement par la double rangée de cellules épithéliales de la rétine ciliaire, mais encore par ce coussinet conjonctif de notable épaisseur. Toutes les fibres zonulaires des procès proprement dits, c'est-à-dire celles qui naissent sur les côtés et sur la tête des procès, échappent à son action directe. Et pourtant le rôle que jouent les procès ciliaires dans l'accommodation est incontestable.

Isolement du muscle ciliaire de l'ensemble de l'appareil suspenseur du cristallin, voilà le premier point important. Présence d'un tissu conjonctivo-élastique abondant, autour et dans le muscle, voilà le second point que révèle l'anatomie du muscle.

C'est évidemment par l'intermédiaire et au moyen de ce tissu conjonctif que le muscle ciliaire agit sur l'épithélium et la zonule.

La disposition des fibres zonulaires doit être parfaitement connue non seulement dans ses connexions ultimes, mais dans sa direction; et c'est ce qu'il importe le plus de connaître au point de vue physiologique. Or, pour qui a étudié sa topographie, la contraction du muscle ciliaire, transmise par le tissu conjonctif dont nous venons de parler, aura pour effet de relâcher certaines de ces fibres et de tendre les autres.

Il nous reste à étudier maintenant l'action globale du muscle ciliaire sur le cristallin, et l'action de la traction zonulaire sur la forme de la lentille.

ZOOLOGIE. — *Sur les Méduses recueillies dans le plankton pendant la croisière d'été* 1912 *du « Pourquoi-Pas ? » dans les mers du Nord, sous le commandement du Dr J.-B. Charcot.* Note de M. **Ed. Le Danois**, transmise par M. Yves Delage.

Les Méduses suivantes ont été recueillies pendant cette croisière dans le plankton.

ACRASPÈDES.

1. *Chrysaora hysoscella* L., 1746.
2. *Cyanea capillata* L., 1766.
3. *Cyanea antica*, Péron et Lesueur, 1809.

CRASPÉDOTES.

4. *Bougainvillia Charcoti*, nov. sp.
5. *Tiara pileata*, Forskal, 1775.
6. *Saphenia dinema*, Péron et Lesueur, 1809.
7. *Staurostoma laciniatum*, Agassiz, nov. var. *hybridum*
8. *Laodice cruciata*, Forskal, 1775.
9. *Tiaropis multicirrata*, Sars, 1835.
10. *Obeliopis Fabri-Domergui*, nov. sp.
11. *Stomobrachium tentaculatum*, Agassiz, 1862.
12. *Aglantha digitalis*, O.-F. Müller, 1766.

Parmi ces Méduses nous décrirons rapidement les deux espèces nouvelles et ferons suivre cette description de courtes remarques sur la systématique du genre *Staurostoma* et sur le développement de l'*Aglantha digitalis*, O.-F. Müller, 1766.

1. *Bougainvillia Charcoti* nov. sp. — Margelidée à bouche quadrilatère, dont les angles se continuent en formant chacun deux ramifications qui se prolongent en quatre branches dichotomiques. Il n'y a pas de manubrium; l'estomac est plat et forme quatre petites poches perradiales. L'ombelle est à peu près sphérique : la couche de gelée, très épaisse, restreint considérablement la cavité sous-ombrellaire : elle est marquée de profonds sillons perradiaux.

Les canaux radiaires, au nombre de 4, aboutissent au bord ombrellaire à 4 lobes marginaux bien développés : ceux-ci se présentent sous forme d'une rosette dont chaque élément porte un ocelle rouge : le nombre de ces éléments et des ocelles est de 18 par lobe marginal. Il n'y a pas trace de tentacules.

L'absence de manubrium et de tentacules, ainsi que la disposition des lobes marginaux font nettement de cette Méduse une espèce nouvelle du genre *Bougainvillia* Lesson, qui peut être rapprochée de *B. nigritella* Forbes. Nous la dédions avec plaisir à notre ami le Dr Charcot.

Nous avons trouvé cette Méduse dans le plankton du Little Minch, près des Hébrides ($L = 57^{\circ}\,15'$ N; $G = 9^{\circ}\,15'$ W), le 7 juillet 1912. Le diamètre de l'ombrelle mesurait 9^{mm}.

2. *Obeliopsis Fabri-Domergui*, nov. g. nov. sp. — Europidée de la sous-famille des *Phialidæ*, présentant 24 vésicules marginales, placées à la face interne des bases tentaculaires. La bouche est simple, cruciforme, bordée de 4 lèvres contractiles; l'estomac est cylindrique; il y a 4 canaux

radiaires, sur le parcours desquels se trouvent 4 gonades vésiculeuses, presque sphériques. Les tentacules sont au nombre de 150 environ; on trouve donc une vésicule marginale par 6 tentacules environ. Il n'y a pas de cirres marginaux.

Le nouveau genre *Obeliopsis*, que le nombre de ses vésicules classe parmi les *Phialidæ*, se trouve dans les mêmes rapports avec le genre *Mitrocoma* que, dans les *Obelidæ*, le genre *Obelia* avec le genre *Tiaropsis*. Le genre *Obelia*, en effet, présente 8 vésicules marginales à la face interne des bases tentaculaires; dans les genres *Mitrocoma* et *Tiaropsis*, ces vésicules sont toujours placées entre deux tentacules.

Les vésicules marginales sont pigmentées en violet sombre, les gonades sont jaunâtres. Le diamètre de cette Méduse nouvelle, que nous sommes heureux de dédier à M. Fabre-Domergue, Inspecteur général des Pêches maritimes, varie entre 3^{mm} et 4^{mm}. Elle était très commune, le 6 juillet 1912, dans le plankton du Little-Minch, au nord d'Inishtrahull. ($L = 50°54' N$; $G = 9°6' W$).

3. *Sur la systématique du genre Staurostoma* Hæckel. — Ce genre est caractérisé ainsi : Thaumautidée avec 4 paires de gonades, dans le parcours des 4 canaux radiaires et dont les parties proximales largement ouvertes se confondent avec la bouche et l'estomac pour former une *croix gastrogénitale*.

Il comprenait deux espèces :

St. laciniatum Agassiz. Croix gastrogénitale ne s'étendant pas jusqu'au bord ombrellaire ; 100 à 150 tentacules.

St. arcticum Hæckel. Croix gastrogénitale s'étendant jusqu'au bord ombrellaire ; 200 à 300 tentacules.

Or nous avons trouvé, au sud-ouest de l'Irlande et dans le Little Minch, plusieurs échantillons d'une Méduse qui appartient nettement au genre *Staurostoma*, mais ne correspond ni à l'une ni à l'autre espèce : la croix gastrogénitale ne s'étend pas au bord ombrellaire (caractère de *St. laciniatum*) mais elle présente 280 tentacules (caractère de *St. arcticum*).

Nous avons d'abord pensé à faire de notre Méduse une nouvelle espèce, intermédiaire entre les deux autres, mais nous croyons préférable de considérer les trois formes comme les variétés d'uue espèce très polymorphe. Nous aurons donc :

(*a*). *Staurostoma laciniatum;* var. *typicum*. Croix gastrogénitale n'atteignant pas le bord ombrellaire ; 100 à 150 tentacules.

(*b*). *Staurostoma laciniatum*; var. *hybridum*. Croix gastrogénitale n'atteignant pas le bord ombrellaire; 280 tentacules.

(*c*). *Staurostoma laciniatum*; var. *arcticum*. Croix gastrogénitale atteignant le bord ombrellaire; 200 à 300 tentacules.

La première variété habite la côte Atlantique de l'Amérique du Nord, la seconde les côtes des Iles Britanniques, la troisième l'océan Glacial, près du Spitzberg.

4. *Sur le développement d'Aglantha digitalis* O.-F. Müller. — Dans le cours de la croisière nous avons recueilli dans le plankton des Méduses de cette espèce à différents stades du développement :

Dans le planklon littoral de Jan Mayen (individus de 1^{mm} à 5^{mm}); dans le plankton du sud-ouest de l'Irlande (individus de 5^{mm} à 10^{mm}); dans le plankton entre Jan Mayen et l'Islande (individus de 10^{mm} à 20^{mm}). Dans les individus qui mesurent 1^{mm} de hauteur, la forme est arrondie, le manubrium dépasse parfois le bord ombrellaire, il y a 16 tentacules marginaux bien développés, plus longs que le diamètre de la cloche : la gelée est à peine épaissie au pôle apical.

A 1^{mm}, 2, la jeune *Aglantha* est devenue plus haute sans autres modifications (Jan Mayen) (20-21 juillet 1912).

A 1^{mm},5, elle présente la forme d'une tiare : l'appendice apical est maintenant très net. Les tentacules cessent de croître, proportionnellement (Jan Mayen) (20-21 juillet).

A 2^{mm}, 5, la Méduse est encore relativement plus haute : la longueur des tentacules atteint à peine maintenant celle du rayon de la cloche (Jan Mayen) (20-21 juillet).

A 5^{mm}, on a déjà la forme en dé à coudre de l'adulte; la hauteur est égale au double du diamètre : mais il n'y a pas encore trace de gonades. Les tentacules réduits et égalés sont comparables à ceux de l'adulte (S. W. Irlande) (5 et 6 juin 1912).

Au-dessus de 10^{mm}, apparaissent les gonades, comme des vésicules piriformes, entourant en rosace la base du manubrium, et orientées le long des canaux radiaires (entre Jan Mayen et l'Islande) (24 juillet 1912).

ZOOLOGIE. — *Sur le prosiphon des Spirules.* Note de M. **Painvin**, présentée par M. H. Douvillé.

J'ai pu, grâce à l'obligeance de M. Grandjean, disposer d'un certain nombre d'échantillons fort bien conservés de coquilles de Spirules, rejetées par un orage sur la côte de Madagascar, à Tamatave. Je me suis spécialement appliqué à l'étude du prosiphon. Cet organe a été signalé pour la première fois chez la Spirule par Munier-Chalmas ([1]); Grandjean ([2]) en a fait une étude détaillée chez les Ammonites et a montré qu'il y était toujours fossilisé, comme le siphon lui-même, à l'état de phosphate de chaux.

Quant à la conformation et la nature chimique du prosiphon chez la Spirule, elles n'ont pas été étudiées à ma connaissance. Munier-Chalmas l'envisage comme une membrane simplement étalée ou formant un tube plus ou moins circulaire ([3]), Pelseneer ([4]) la considère comme une sorte de ligament situé dans le plan sagittal médian et s'élargissant à la paroi de la loge initiale; les auteurs plus récents, Joubin ([5]), Chun ([6]), s'attachent surtout à l'étude anatomique de l'animal. L'étude morphologique de la coquille présente cependant un grand intérêt, puisqu'elle seule peut permettre de préciser les analogies existant entre les Céphalopodes actuels et les fossiles.

La terminaison du siphon dans l'ovisac ne présente pas le renflement sphérique du cæcum siphonal des Ammonites. Le tube siphonal se coiffe

([1]) Munier-Chalmas, *Sur le développement du phragmostracum des Cephalopodes et sur les rapports zoologiques des Ammonites avec les Spirules* (*Comptes rendus*, 29 décembre 1873).

([2]) Grandjean, *Remarques sur le siphon des Ammonites et des Bélemnites* (*Comptes rendus*, 1er semestre 1910, p. 1150); *Le siphon des Ammonites et des Bélemnites* (*Bulletin de la Soc. géol. de France*, 4e série, t. X, 1910, p. 496-519).

([3]) F. Bernard (*Éléments de Paléontologie*, 1893) écrit que : « le cæcum siphonal se prolonge par un mince filet calcaire appelé *prosiphon*...; il n'a été vu que par Munier-Chalmas, mais ses préparations ne laissent aucun doute à cet égard ». Le prosiphon n'est certainement pas calcaire, comme je l'indique dans la suite.

([4]) Th.-H. Huxley et P. Pelseneer, *Observations sur la Spirule* (*Bulletin scientifique de la France et de la Belgique*, 1894).

([5]) Joubin, *Sur une jeune Spirule* (*Revue océanographique de Monaco*, 1910); *Comptes rendus*, 1er semestre 1910, p. 414.

([6]) Chun, *Spirula australis* (*Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig*, 1910).

simplement dans la protoconque d'une calotte calcaire (*c*) dont la jonction s'opère avec ce siphon suivant un fort épaississement qui forme bourrelet (*b*) tout autour du siphon. D'autres épaississements parallèles au premier, bien visibles au microscope, renforcent la calotte entre le bourrelet de jonction et son extrémité.

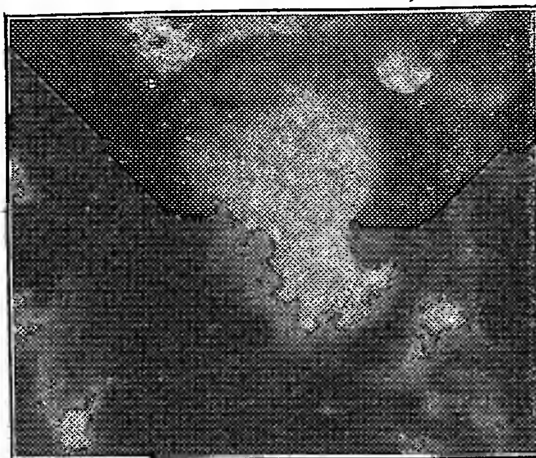


Fig. 1. — Vue photographique du prosiphon et de l'extrémité du siphon dans l'ovisac.

Le tube siphonal cylindrique s'élargit légèrement en arrivant sur le bourrelet.

Le prosiphon n'est pas calcaire : il est formé d'une matière transparente et isotrope. Il ne contient pas de phosphore : il est donc, sur ce point, différent du prosiphon des Ammonites.

C'est vraisemblablement un organe chitineux, de composition semblable à celle de la membrane fibreuse qui s'étend entre les tours de la coquille, en particulier autour de l'ovisac : il est, comme cette membrane, insoluble dans l'acide chlorhydrique, soluble dans l'acide azotique concentré chaud. Sa flexibilité et son élasticité m'ont permis de briser l'ovisac sans l'endommager.

Il se compose de deux lamelles perpendiculaires :

Lamelle (1) : perpendiculaire au plan de symétrie de la coquille, formée d'une petite nappe conique, concave vers le bas (schéma 2 et 3). Elle est limitée sur la photographie ci-dessus et sur le schéma 2, à sa partie supérieure, par la génératrice la plus élevée α qui en forme le contour apparent ; à sa partie inférieure, par une ligne plus accusée $\beta\beta$ sur laquelle se projettent les deux bords de cette petite nappe. J'ai pu détacher complètement une extrémité siphonale munie de sa lamelle, et examiner

cette dernière à plat. Elle se présente (schéma 3) comme une spatule très mince à sa naissance, très élargie à son extrémité, portant de nombreuses et fines stries d'accroissement paraboliques [1].

Lamelle (2) : dans le plan de symétrie. Elle est beaucoup plus délicate à obtenir

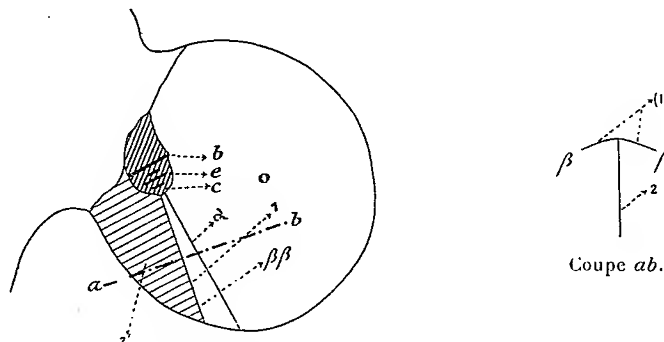


Fig. 2. — Représentation schématique du prosiphon et de la terminaison siphonale.
Légende. — *o*, ovisac; c, calotte siphonale; *b*, bourrelet de jonction; *e*, épaississements; 1, lame supérieure, perpendiculaire au plan de symétrie; 2, lame inférieure dans le plan de symétrie.

intacte que la lame (1). Elle s'étend entre la lame supérieure (1) et la coquille de l'ovisac. Sur la photographie ci-contre on en aperçoit un lambeau à la naissance de la première lame. En réalité, je ne l'ai jamais obtenue intacte; mais j'en ai observé des lambeaux plus ou moins étendus qui m'ont conduit à la supposer conforme au

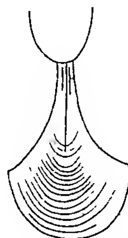


Fig. 3. — Lamelle (1) vue à plat, représentation schématique.

schéma (2). Cette lame n'a jamais été signalée chez les Ammonites. L'étude du prosiphon des Ammonites s'est surtout faite dans le plan de symétrie, et elle doit alors échapper à l'observation. Il est vrai que les sections que j'ai obtenues dans un plan perpendiculaire ne m'en ont pas encore révélé l'existence.

En ce qui concerne le siphon de la Spirule, il est formé d'une série

---

[1] D'après le schéma qu'en donne Pelseneer, il semble bien certain que c'est cette lame qu'il a observée dans le plan de symétrie. Il m'est arrivé quelquefois, en brisant l'ovisac, de produire involontairement une torsion de 90° de cette lame, torsion qui la faisait apparaître étalée dans le plan médian.

d'articles dont chacun résulte d'une invagination cylindrique de la cloison antérieure. Ces différents segments qui s'emboîtent l'un dans l'autre sont calcaires comme les goulots siphonaux des Ammonites dont ils sont l'équivalent; mais l'étude de la coquille ne décèle rien qui soit l'homologue du tube siphonal des Ammonites qui seul est phosphaté : il n'est donc pas surprenant de trouver chez la Spirule un prosiphon organique non minéralisé.

GÉOLOGIE. — *Essai de synchronisation des alluvions anciennes de la Loire et de ses affluents.* Note de M. E. Chaput.

Une étude d'ensemble sur les alluvions anciennes de la Loire et de ses affluents m'a donné les résultats suivants :

I. Il existe une basse terrasse presque continue (altitude relative assez constante : 15m) dans les hautes vallées (exemple l'Allier en amont de Moulins; la Loire en Forez, en Charolais, etc.). Plus morcelées dans la traversée du Nivernais, ces alluvions réapparaissent régulièrement en Sologne (terrasses de Châteauneuf, Olivet, Vineuil), puis, au delà du couloir de Touraine, se développent à Bourgueil, Longué, etc., jusqu'au delà d'Angers. Elles se relient à des terrasses de tous les grands affluents, le Loir par exemple (de la Flèche au Lude; environs de la Bruère, de Montoire, etc.). Enfin divers lambeaux (Rochefort, le Marillais, etc.) les prolongent dans la traversée du Massif Armoricain, jusqu'à l'ancien estuaire de Saint-Étienne-de-Montluc.

Les facies de ces alluvions basses sont à peu près ceux des alluvions actuelles : les roches cristallines ont généralement leurs feldspaths peu altérés; on rencontre des roches volcaniques, en fragments de plus en plus fins, au moins jusqu'à Blois. Quand l'épaisseur est faible, l'altération plus profonde des matériaux donne à l'ensemble un aspect « ancien » (Sologne), et les cailloux roulés comprennent surtout des quartz et des silex empruntés aux formations antérieures.

II. Une terrasse moyenne (35m environ) existe assez régulièrement de Nevers à Orléans. Elle a fréquemment, pour les raisons déjà indiquées, un aspect ancien, et on l'a parfois considérée comme miocène, mais ses alluvions, à cailloux roulés de roches cristallines variées et peu décomposées, se distin-

guent des sables miocènes typiques (Sologne, Bourbonnais), que d'ailleurs elles ravinent.

Nous considérons comme un facies de bordure de cette terrasse les cailloutis quartzeux et siliceux qui ravinent les sables de la Sologne, de Tigy à la Ferté-Saint-Aubin, avec une pente assez accentuée vers l'Ouest. Les alluvions contemporaines sont bien développées autour de Blois, puis s'effacent en Touraine, comme les dépôts inférieurs par suite de l'encaissement du Val-de-Loire, mais sont bien conservées sur les bords de l'Indre (Azay-le-Rideau, Montbazon, Courçay, Chambourg) et de la Vienne (entre l'île Bouchard et Port-de-Piles); en Anjou, ce niveau s'observe surtout dans la vallée de la Sarthe (Seiches, Tiercé), forme, de Malicorne à Durtal (landes du Bailleul), une vallée ancienne de la Sarthe coulant vers le Loir et correspond au début des facies quartzeux dans les alluvions du Loir.

Dans le couloir armoricain, quelques lambeaux (Chalonnes, ...) prolongent les alluvions moyennes jusqu'à Mauves, où la terrasse s'élargit (le Chemin-Nantais, la Belle-Étoile, ...) puis se relie à des alluvions de l'Erdre. Au sud du sillon de Bretagne, ses fragments sont peu nombreux, mais elle forme au nord du Sillon une ancienne vallée, régulière de la Grande-Brière (Missillac) à Blain, creusée dans les sables rouges de Bretagne, dont elle emprunte les cailloux disséminés.

III. J'ai déjà signalé (*Comptes rendus*, 6 juillet 1908) une haute terrasse (55^m-60^m) dans les vallées supérieures, et de Nevers à Gien. A côté de facies de remaniement, surtout caillouteux, on trouve des sables souvent basaltiques (Saincaize, Briare, ...). Les nappes alluviales élevées de la Sologne (par exemple, de Vouzon à Villeny et Dhuizon) doivent lui être rattachées, ainsi que les cailloutis quartzeux des plateaux de Touraine; ces cailloutis souvent confondus avec les *argiles à silex* antérieures à l'Oligocène, se séparent nettement d'elles au nord de Tours, où ils reposent sur les calcaires de Brie. Les basses vallées de l'Indre et de la Vienne ont des alluvions contemporaines sur le bord occidental du plateau de Sainte-Maure, les alluvions quartzeuses de Noyant passent aux limons supra-faluniens, et sont par suite indépendantes du Miocène.

En Anjou, le plateau de Candes, et peut-être aussi les lambeaux élevés (Farzé, Cheviré, la Flèche), puis, dans le Massif Armoricain, les plateaux de Savennières, de la Chapelle-Saint-Sauveur, du Louroux-Bottoreau, avec leurs cailloutis quartzeux sous les limons, prolongent le niveau de 55^m-60^m

jusqu'à Nantes. Au nord du Sillon, les alluvions correspondantes subsistent surtout autour de Nozay, ou encore autour de Séverac, et ravinent les sables rouges de Bretagne.

IV. Les alluvions plus élevées ne correspondent guère à des terrasses que dans le Massif Armoricain et le Massif Central. Je signalerai un niveau de 80^m entre Nantes et Angers (plateaux de Mauves à Oudon, de Champtoceaux, de Bouzillé, de Montjean), des terrasses de 100^m et 130^m dans le Charolais et le Roannais.

Dans la traversée du bassin de Paris, les lambeaux élevés sont plus localisés et difficiles à classer (forêt de Fontevrault, plateaux dominant le Loir vers Montoire, cailloutis supra-faluniens du Blésois en relation peut-être avec les terrasses de 80^m. Quelques alluvions même sont plus élevées : à la Ronde-de-Céré, entre Saint-Aignan-sur-Cher et Montrichard, des alluvions quartzeuses dominent une terrasse de 60^m du Cher et atteignent 120^m d'altitude relative.

Conclusions. — *a*. On peut suivre dans les vallées de la Loire et de ses affluents trois niveaux d'alluvions dont les altitudes relatives sont d'environ 15^m, 35^m, 55^m-60^m; plus localement un niveau de 80^m. D'autres terrasses (100^m, 130^m) existent dans les vallées supérieures et ont été détruites en aval par les érosions.

b. Ces alluvions sont postérieures au Miocène, celles des trois niveaux inférieurs au moins sont plus récentes que les sables rouges de Bretagne; comme ces sables, qui, autour de Redon, atteignent plus de 80^m d'altitude, sont là du moins, postérieurs au Pliocène marin de Saint-Jean-la-Poterie, les alluvions plus récentes datent du Quaternaire ou, tout au plus, de la fin du Pliocène : à défaut de documents paléontologiques suffisants, nous considérons, d'après la richesse en basalte des alluvions sableuses, les trois niveaux inférieurs comme quaternaires.

c. La constance des altitudes relatives, malgré l'hétérogénéité des régions naturelles traversées, conduit à admettre qu'il n'y a eu ni inclinaison d'ensemble, ni mouvements spéciaux à certaines de ces régions, pendant l'évolution des vallées étudiées.

PALÉONTOLOGIE. — *Individualité de la faune d'Ammonites des couches à* Peltoceras athleta. Note de M. **Robert Douvillé**, présentée par M. Henri Douvillé.

Les couches à *Peltoceras athleta* constituent une véritable région de passage entre la zone à *Stepheoceras coronatum* (sommet du Callovien) et celle à *Quenstedticeras* et *Pachyceras* (base de l'Oxfordien).

Son individualité stratigraphique a été principalement mise en valeur par les beaux travaux de de Grossouvre. La grande lacune signalée dans le bassin de Paris entre le Callovien et l'Oxfordien par cet auteur et par Henri Douvillé, se place presque toujours à l'époque du *Peltoceras athleta*.

Il s'ensuit que les couches renfermant cette espèce ont été, en général, fortement entamées, soit par en bas, soit par en haut. Elles ont été, suivant les cas, réunies au Callovien supérieur (Montreuil-Bellay, la Grimaudière près Moncontour...) ou à l'Oxfordien inférieur (Dives...).

Laissant provisoirement de côté les Mollusques autres que les Ammonites, nous étudierons dans cette Note les représentants dans les couches à *Peltoceras athleta* des genres *Cosmoceras*, *Reineckeia*, *Perisphinctes*, *Peltoceras*, *Quenstedticeras* et *Pachyceras*.

Cosmoceras. — Dès 1891 de Grossouvre attire l'attention sur l'évolution rapide du genre *Cosmoceras* pendant le Callovien et l'Oxfordien. Cette *capacité évolutive* est encore mieux mise en évidence par l'étude de ses représentants dans les couches à *Peltoceras athleta*.

1. *Cosmoceras Jason* y est représenté par une mutation : *Cosmoceras* (non *Strenoceras*) *Bigoti* Bizet (Dives, Le Mesle-sur-Sarthe). Cette mutation, forme la plus archaïque du genre dans les couches à *Peltoceras athleta*, possède de nombreuses variétés.

2. Des formes très plates, à ombilic étroit, rappelant un peu, par atavisme, certains types minces de *C. Jason*. Ces formes avaient été rapportées à cette espèce par Brasil (1896. *Les genres Peltoceras et Cosmoceras...*). Nous pensons qu'il vaut mieux les rapporter à une espèce nouvelle : *Brasili*, dont le type sera : *loc. cit.*, pl. IV, *fig.* 6-7.

L'irréversibilité de l'évolution *sensu* Dollo se montre en effet :

a. Parce que le type d'ornementation de *C. Jason* n'est pas complètement reproduit chez *C. Brasili* : les tours âgés ne deviennent pas lisses, les côtes sont beaucoup

plus serrées, les tubercules ombilicaux et latéraux sont moins développés, moins détachés des côtes;

b. Parce que la cloison, du type comprimé latéralement propre aux formes benthoniques, est la même que chez tous les *Cosmoceras* de la zone à *P. athleta* et très différente, par conséquent, de celle des *C. Jason* typiques qui menaient la vie nectique.

Par conséquent, et pour des raisons analogues à celles que nous avons présentées dans une Note précédente [1] à propos de *Cosm. Bigoti*, il y a lieu de considérer les *Cosmoceras Jason* (= *C. Brasili* n. sp.) du Mémoire de Brasil comme une *mutation* de *C. Jason* propres aux couches à *P. athleta*.

3. Des formes moyennement épaisses que l'on peut concevoir comme dérivant directement du *C. Bigoti* par simple accentuation des côtes. L'ornementation ne s'atténue plus chez l'adulte, les tubercules ombilicaux deviennent au contraire de plus en plus marqués. Ces formes doivent être rapportées à l'espèce *Duncani* Sowerby.

4. Des formes très épaisses présentant l'exagération des mêmes caractères: ombilic plus large, tours plus surbaissés et côtes de plus en plus marquées avec l'âge. Les tubercules disparaissent avec la croissance. Ces formes doivent être rapportées à l'espèce *ornatum* Schlotheim comme l'a montré, de même que pour l'espèce précédente, le Mémoire précité de Brasil.

La faune de *Cosmocératidés* des couches à *Peltoceras athleta* comprend donc ces quatre grands types de formes. Celle des couches à *Quenstedticeras prælamberti* R. D. ne renferme plus que les *Cosm. Duncani* et *ornatum*, celle des couches à *Q. Lamberti* que le *Cosm. ornatum*, espèce qui y est, du reste, de la plus grande rareté. A partir du début de la zone à *Q. Mariæ* il n'y a plus, dans la coupe Dives — Villers-sur-Mer, de représentants du genre.

Reineckeia. — Les *Reineckeia* de la zone à *P. athleta* sont les derniers représentants du genre. Son extinction s'annonce par certains faits intéressants à noter.

1. En Normandie, dans le gisement classique aujourd'hui disparu de Dives, le genre *Reineckeia* était d'une extrême rareté. Brasil en a figuré en 1896 un magnifique exemplaire adulte, sous le nom de *Peltoceras angustilobatum;* cette forme a été rapportée plus tard par Collot au genre *Reineckeia*. L'ornementation et la forme de la ligne suturale rendent cette seconde détermination absolument certaine.

---

[1] *Comptes rendus*, séance du 13 janvier 1913, p. 170.

2. Dans des gisements plus méridionaux, au contraire, comme Pas-de-Jeu, les grands individus adultes, à sculpture rappelant tout à fait *R. angustilobata* sont assez fréquents. Le jeune paraît être, suivant les indications de M. de Grossouvre, une forme aplatie, à côtes fines et non tuberculées. La collection de ce même savant renferme une importante série de ces *Reineckeia* ayant vécu en même temps que *Pelt. athleta*. Beaucoup sont nouvelles.

L'extrême rareté des représentants du genre à Dives, l'apparition brusque de formes spéciales dans les gisements plus méridionaux, font pressentir que le genre est sorti de l'état d'équilibre où il se trouvait dans la zone à *Stepheoceras coronatum*, cet état d'équilibre étant caractérisé par des formes excessivement nombreuses en individus mais peu variées au point de vue morphologique. Le genre *Reineckeia* disparaît définitivement en même temps que *Pelt. athleta*.

Perisphinctes. — Les couches à *P. athleta* sont caractérisées par une forme très curieuse, à tours très déroulés, section carrée, côtes très rigides : le *Per. Chauvini* d'Orb. Il est connu de Dives.

Peltoceras. — L'espèce *athleta* était rigoureusement cantonnée, à Dives, dans le gisement aujourd'hui disparu (Brasil, *loc. cit.*). Au-dessus elle est immédiatement remplacée par le *Pelt. athletoides* Lahusen.

Quenstedticeras. — Il est loin d'être démontré que le genre *Quenstedticeras* existât à Dives. Le mode de conservation des fossiles conservés dans les collections ne permet pas de se prononcer sur ce genre comme pour *Cosmoceras* et *Peltoceras*. Il est possible qu'à Dives-Villers ce genre n'ait apparu que dans les couches à *Pelt. athletoides*.

Dans les gisements plus méridionaux il est possible que ce genre ait coexisté avec *P. athleta*, mais seulement à l'état d'individus isolés et extrêmement rares.

Pachyceras. — Le grand développement de ce genre n'a lieu que dans les couches à *Pelt. athletoides* mais, à l'inverse du genre précédent, il est acquis qu'il apparaît presque partout dans les couches à *Pelt. athleta*, représenté du reste par d'assez rares individus (*P. Jarryi*, *P. Lalandei*).

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur l'étude de la constitution du Globe, au moyen des rayons sismiques.* Note de M. **R. de Kövesligethy**.

Le but final de la Sismologie scientifique, visé par Mallet et trop impatiemment attendu, est le relèvement de la constitution intérieure du Globe.

On y parvient sans hypothèse aucune au moyen du seul principe de Fermat, d'où dérivent les équations fondamentales de la Sismologie bien connues :

$$\varphi = 2\cos e \int_{\rho_0}^{1} \frac{d\log\rho}{\sqrt{v^2\rho^2 - \cos^2 e}}, \tag{1}$$

$$vt = 2\int_{\rho_0}^{1} \frac{v^2\rho^2\, d\log\rho}{\sqrt{v^2\rho^2 - \cos^2 e}}, \tag{2}$$

$$v\rho\cos \mathrm{E} = \cos e = \text{const.}, \tag{3}$$

et auxquelles il convient d'ajouter encore

$$v\frac{dt}{d\varphi} = \cos e, \tag{4}$$

conséquence de la différentiation des deux premières équations par rapport au paramètre e. On a désigné par φ la distance angulaire d'une station sismologique de l'épicentre, par t le temps de transmission, dont la vitesse, rapportée à la surface de la Terre, est v, par e l'angle d'émergence du rayon sismique à la station, directement observé ou calculé au moyen de l'équation (4), par ρ la distance géocentrique d'un point quelconque de la trajectoire sismique (dans lequel l'inclinaison est E), e_0 étant la distance minima de son vertex, enfin par v l'inverse de la vitesse de propagation à la surface de la sphère du rayon ρ. L'unité de ρ est le rayon terrestre, de v sa valeur à la surface de la Terre.

Toutes ces équations valent sous la supposition point nécessaire, mais utile dans une première tentative, que la matière du Globe est répartie en couches sphériques concentriques homogènes suivant, vers l'intérieur, une loi quelconque de densité, d'où la symétrie des formules (1) et (2) autour d'un axe médian, diamètre du Globe, et que le foyer du tremblement de terre est punctiforme et situé à la surface de la Terre. Cette dernière supposition ne nuit aucunement à la généralité des résultats : vu la symétrie de la trajectoire, on peut toujours éliminer l'influence de la profondeur en introduisant, au lieu de l'épicentre vrai, l'épicentre équivalent, défini par ce chef qu'il possède le même angle d'émergence que l'autre extrémité du rayon sismique, aboutissant à la station. On remarquera en même temps que l'équation (4), indépendante de la limite inférieure de l'intégrale, l'est également de la profondeur du foyer.

L'observation résume les deux premières équations sous la forme de la courbe horaire ou de l'hodographe

$$t = \mathrm{H}(\varphi), \tag{5}$$

donnée soit en courbe, soit en tableau numérique, que je suppose corrigée pour l'influence de la profondeur.

En appliquant l'équation (3) au vertex de la trajectoire et au point d'intersection avec la surface de la Terre, on obtient

$$(6)\qquad v_0 \rho_0 = \cos e,$$

et il ne manque que de connaître ρ_0, la distance minima de la trajectoire, pour construire, en passant à des stations toujours plus éloignées de l'épicentre, v en fonction de ρ.

Séduit par une analogie de pure forme avec le problème des brachystochrones, on a cru pouvoir tourner toutes les difficultés dérivant de l'ignorance de v en fonction de ρ en appliquant à l'équation (1) le théorème d'Abel. C'est évidemment erroné et tous les résultats ainsi trouvés pour la constitution du Globe sont fantaisistes, ayant une valeur moins que provisoire. D'un point de vue légèrement différent, M. Poincaré est, dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1911, du même avis.

Il eût été plus logique d'appliquer le théorème de Thomson et Tait; malheureusement il est en défaut à cause de l'orthogonalité de la trajectoire et de l'axe médian.

J'ai d'abord songé à décomposer, par des sphères concentriques, la trajectoire. Au moyen de l'équation (3) on trouve l'angle d'émergence E, en un point quelconque d'intersection du rayon sismique avec la sphère, par l'émergence de ce rayon et celle d'un rayon précédent tangent à cette sphère. Mais ce procédé, bien que très intéressant, est par trop laborieux et d'une convergence toujours douteuse.

On se décidera plutôt à l'introduction d'une deuxième donnée empruntée à l'observation. D'abord on mettra les deux premières formules au moyen de la troisième sous la forme

$$(7)\qquad \varphi = 2\int_{\rho_0}^{1} \cot E \, d\log\rho, \qquad vt = 2\cos e \int_{\rho_0}^{1} (\cot E + \operatorname{tang} E)\, d\log\rho$$

qui font voir que la différentiation par rapport au ρ_0 tranchera la question. En considérant encore la définition (5) et l'équation (4), on trouve en fait

$$\log\rho_0 = -\frac{1}{2}\int_0^{\varphi} \frac{\sqrt{-H(\varphi)H''(\varphi)}}{H'(\varphi)}\, d\varphi,$$

formule qui devra remplacer celle que M. Wiechert, dans le Volume XI de

la *Physikalische Zeitschrift*, propose de nommer théorème de M. Herglotz. Pour une courbe horaire continue, $H''(\rho)$ est toujours négative. Seules, les courbes horaires ayant une lacune allant de ρ jusqu'à $\pi - \varphi$ sauraient être convexes vers l'axe des abscisses.

Pour l'appréciation des résultats qu'on attendra, dès à présent, de cette méthode, il convient de remarquer que nos connaissances actuelles de la courbe horaire sont tellement vagues que le résultat de la différentiation numérique réitérée est nécessairement illusoire.

M. **Vasilesco Karpen** adresse une Note intitulée : *Sur le vol des oiseaux dit « vol à la voile »*.

(Renvoi à la Commission d'Aéronautique.)

M. E. **Fleury** adresse une Note intitulée : *Un nouvel antiseptique urinaire.*

(Renvoi à l'examen de M. Guyon.)

M. **Darget** adresse une lettre relative aux *rayons vitaux*.

(Renvoi à l'examen de MM. Dastre et Bouty.)

A 4 heures et quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures et demie.

G. D.

ERRATA.

(Séance du 20 janvier 1913.)

Note de M. *Vasilesco Karpen*, Sur le vol des oiseaux dit « vol à la voile » :

Page 214, ligne 8 en remontant, *au lieu de* la trajectoire, *lire* la projection horizontale de la trajectoire.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 FÉVRIER 1913.

PRÉSIDENCE DE M. F. GUYON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Armand Gautier**, en présentant à l'Académie une médaille en bronze, s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie, de la part du Comité du Jubilé de notre honorable confrère, M. A. Haller, la plaquette à son effigie qui lui a été offerte hier pour célébrer la quarantième année de sa vie universitaire et les services qu'il a rendus au Pays.

Elle est due au burin de M. Baudichon.

M. **Appell**, en présentant à l'Académie une Notice de M. Buhl sur la vie et l'œuvre de *Henri Poincaré*, s'exprime comme il suit :

La Notice de M. Buhl, extraite de *l'Enseignement mathématique* (t. XV, 1913) est bien composée et écrite avec beaucoup de cœur. Elle est accompagnée d'un portrait qui est un des meilleurs du grand géomètre.

AÉRONAUTIQUE. — *Sur la sécurité en aéroplane.*
Note de M. **L. Lecornu.**

L'homme ne sera vraiment le maître de l'air que le jour où il pourra, comme l'oiseau, voler sans témérité par tous les temps. De trop nombreux accidents montrent que nous sommes encore loin du but : le martyrologe

s'allonge chaque mois et l'on voit des pilotes d'une habileté éprouvée, portés par d'excellents appareils, faire, même en temps calme, des chutes inexplicables.

Il reste donc à assurer, d'une manière complète, la stabilité de l'aéroplane; l'exemple de l'oiseau indique que la chose est possible. Sans doute, celui-ci a sur nous l'avantage de ses réflexes naturels; mais rien ne nous interdit l'espoir de suppléer à ces réflexes par des moyens mécaniques. Les formes d'appareils, les procédés de conduite doivent être perfectionnés jusqu'à ce que les traîtrises du vent ne prennent jamais l'aviateur au dépourvu, et aussi jusqu'à ce que le contact avec la terre puisse, quelle que soit la vitesse de vol, être repris sans danger.

En vue d'aiguiller les savants, les inventeurs, les constructeurs vers l'étude de ce grand problème, s'est constituée, il y a quelques mois, l'*Union pour la sécurité en aéroplane*. Cette Union, que j'ai l'honneur de présider, groupe, dans une pensée commune, diverses associations adonnées ou intéressées à l'Aéronautique. Dès ses débuts, elle a recueilli des fonds importants provenant en partie du budget national, en partie de souscriptions particulières. Il lui a semblé que le meilleur emploi à faire, présentement, de ces fonds consiste à créer un concours dont le règlement va être publié, concours qui sera doté d'un grand prix de quatre cent mille francs et de primes d'au moins vingt mille francs. Aucun programme n'est tracé aux concurrents; mais il est dit que le jury n'examinera ni plans, ni mémoires, ni modèles réduits : seuls, des appareils en état de fonctionnement seront admis à la lutte. Une option sera réservée au gouvernement français pour l'achat des inventions ayant obtenu une récompense d'au moins cinquante mille francs.

Il est permis d'espérer qu'un pareil stimulant ne restera pas sans effet, et que la Science si française de l'aviation ne tardera pas à enregistrer ainsi un progrès décisif.

AGRONOMIE. — *La luminosité et l'assimilation végétale.* Note de M. A. Müntz.

L'assimilation du carbone par les plantes à chlorophylle se fait sous l'influence des radiations solaires. Quand on l'étudie dans des atmosphères confinées, on constate qu'elle est beaucoup plus active à la lumière directe qu'à la lumière diffuse. On est donc tenté de croire qu'il importe pour la

production des récoltes que le soleil soit clair et qu'un ciel couvert est, au contraire, une entrave à la décomposition de l'acide carbonique et, par suite, à l'accroissement de la matière végétale.

Quand on étudie les faits culturaux, on constate que tel n'est pas toujours le cas; ainsi les régions où la nébulosité est fréquente sont souvent celles où la végétation est la plus puissante, où par suite, l'assimilation du carbone aérien est la plus forte.

Il est bien vrai que ce sont là des climats plus humides, et si l'on compare, comme stimulant de la végétation, l'efficacité de l'eau à celle de la luminosité, on trouve la première incomparablement plus grande. Quand le soleil est rare, l'activité végétative en souffre beaucoup moins que quand l'eau est rare.

Mais si l'eau est donnée en suffisance pour les besoins de la végétation, l'intensité lumineuse est-elle un facteur important de l'accroissement des récoltes, joue-t-elle le rôle considérable qu'on lui attribue dans la production végétale ?

Mes observations, continuées pendant les trois étés de 1910, 1911, 1912, me permettent de répondre à cette question. Ces étés, très dissemblables, tant au point de vue des quantités d'eau tombées que de la nébulosité, ont été, pour 1910 et 1912, extrêmement humides, avec un ciel couvert presque en permanence, pour 1911, extrêmement sèche, avec un ciel toujours clair.

A la station de Chimie végétale de Meudon une culture de luzerne en pleine production, abandonnée aux conditions climatériques naturelles, a produit, en moyenne, pendant les mois de juin, juillet, août, par jour et par mètre carré de surface :

En 1910.	Matière végétale sèche.............	5^{g},24
1911.	»	1,24
1912.	»	3,12

C'est manifestement le manque d'eau en 1911 qui a réduit l'assimilation du carbone. Il a été un facteur bien plus important que le manque d'insolation directe en 1910 et 1912.

Mais pendant ces mêmes années, une partie de la luzerne a été régulièrement arrosée tous les sept jours avec 40^{l} d'eau par mètre carré de surface; l'eau, par suite, ne faisait défaut à la plante à aucun moment, puisque celle-ci recevait par semaine un arrosage de 400$^{m^3}$ par hectare. Voici les accroissements moyens constatés par jour et par hectare, du milieu de juin à la fin d'août.

En 1910. Matière végétale sèche	....	10,56 g
1911. »	....	7,00
1912. »	....	9,42

Or, pendant cette période, le ciel était couvert la plus grande partie de l'été en 1910 et 1912; il était presque constamment clair en 1911. Ainsi, même lorsque l'eau ne fait pas défaut, la luminosité ne favorise pas l'assimilation du carbone et la production de la matière végétale.

A quoi peut tenir, dans les conditions naturelles, cette indifférence de la plante vis-à-vis de l'intensité lumineuse, indifférence d'autant plus surprenante que lorsqu'on opère *in vitro*, on constate des différences très grandes suivant qu'on place les organes végétaux à la lumière directe ou à la lumière diffuse? C'est que, dans les expériences faites en cloches, on est obligé d'enrichir en acide carbonique l'atmosphère dans laquelle on place la plante, afin de pouvoir saisir les variations qui se produisent dans les quantités de ce gaz.

Dans l'air ordinaire, il y a si peu d'acide carbonique (2,7 pour 10000^{vol} d'air) que de la radiation solaire, il y en a toujours assez pour déterminer son assimilation, et qu'il importe peu que le ciel soit assombri par les nuages ou que le soleil soit radieux; l'assimilation est limitée par la proportion de cet acide carbonique et non pas par l'intensité des radiations solaires.

Ceci explique pourquoi les récoltes sont aussi abondantes par les années sombres que par les années ensoleillées.

M. A. Laveran fait hommage à l'Académie du Tome V (1912) du *Bulletin de la Société de Pathologie exotique*.

NOMINATIONS.

M. le Secrétaire du Comité invite l'Académie à se faire représenter aux fêtes qui seront données à l'occasion de l'inauguration du monument élevé, à Tunis, à Philippe Thomas, le 24 mars 1913.

M. Armand Gautier est désigné pour représenter l'Académie à cette cérémonie.

PLIS CACHETÉS.

M. A. **Blondel** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 16 août 1898 et inscrit sous le n° 6041.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Perfectionnements à la télégraphie sans fil.*

A cette demande est jointe la Note suivante, dont l'Académie décide la publication :

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'origine de la télégraphie sans fil par étincelles musicales.* Note (1) de M. A. **Blondel**, présentée par M. J. Violle.

Au moment où la faveur des spécialistes se porte vers le système d'émission par étincelles, je crois devoir signaler que j'avais exposé, il y a quelques années, cette méthode, en même temps que le système de la sélection par syntonie acoustique sans pouvoir lui gagner les appuis réservés alors aux étincelles rares. Non seulement, dans un document de 1900, publié en 1905, j'avais décrit le montage du poste émetteur musical comprenant un alternateur alimentant par transformateur le condensateur d'un circuit oscillant, avec addition dans le circuit du transformateur d'une self-induction de réglage permettant d'obtenir des étincelles disruptives (2); mais déjà,

(1) Présentée dans la séance du 20 janvier 1913.

(2) Je m'exprimais à ce sujet en ces termes : « Une condition essentielle pour la pratique de cette invention est qu'à chaque station de transformation on emploie un moyen de produire des décharges électriques de fréquence désirée et que les décharges soient disruptives, par opposition aux décharges qui se suivent avec continuité. Je me réserve d'employer tout moyen connu pour appliquer ce résultat, mais j'ai trouvé en particulier que le dispositif représenté schématiquement par la figure 3 est efficace. Sur cette figure, T est un transformateur dans le circuit primaire duquel se trouvent un alternateur A′ et un interrupteur I pour ouvrir et fermer le circuit. Le circuit secondaire comprend les deux boules de l'éclateur X réglé à distance convenable; de l'une de ces boules monte l'antenne A et de l'autre descend la prise de terre E....

» Quand une station réceptrice est équipée comme je l'ai décrit (c'est-à-dire avec un cohéreur auto-décohérent), nous pouvons supposer deux stations de transmission

auparavant, dans un pli cacheté n° 6041 déposé le 16 août 1898, sous le titre *Perfectionnements à la télégraphie sans fil*, j'avais décrit, outre la syntonie acoustique, l'emploi des alternateurs à fréquence élevée pour la production des étincelles musicales, comme il suit :

« *Remplacement des bobines d'émission par des transformateurs.* — Le nombre d'émissions d'ondes qu'on obtient actuellement par les bobines est limité par leur construction même. On augmenterait notablement l'énergie envoyée dans l'espace et, par suite, la portée des signaux, au moins dans le cas d'emploi des cohéreurs, en accroissant ce nombre d'émissions. Dans ce but, on peut d'abord multiplier le nombre de contacts par seconde des interrupteurs, mais on est très limité, et d'ailleurs la constante de temps des bobines ne permet pas de réduire trop la durée du courant primaire avant chaque rupture. On peut obtenir des résultats bien plus importants en alimentant des oscillateurs à l'aide de transformateurs recevant leur courant primaire d'alternateurs.

. . . .

» Pour obtenir ces hauts voltages, il me paraît tout indiqué de recourir à des alternateurs à fréquence bien plus élevée, 1000 périodes par seconde par exemple, comme l'alternateur Ewing-Parsons. On augmentera ainsi à la fois la tension et le nombre d'émissions par seconde. C'est dans cette voie, je crois, bien plus que dans l'accroissement de la puissance des bobines ou l'emploi des appareils à haute fréquence du genre Tesla-Thomson, qu'il faut chercher la solution du problème de l'accroissement de la puissance d'émission des signaux hertziens, notamment en vue de leur application aux signaux maritimes....

» Par exemple, les navires faisant le service entre la France et l'Amérique pourraient

---

équipées de la manière qu'on vient de décrire, en des points éloignés et où sont produites des décharges de fréquence égales à 500 et 900 respectivement; avec ces deux postes de transmission on accorderait deux circuits récepteurs syntonisés respectivement pour 500 ou 900 chocs électriques par seconde.... »

« Mais on ne peut admettre la formation d'un arc à l'éclateur et pour l'empêcher je place dans le circuit secondaire un condensateur T en dérivation.... En réglant la vitesse et la force électromotrice de l'alternateur, l'inductance totale du circuit primaire au moyen d'une bobine d'induction réglable S et la capacité du condensateur C dans le circuit secondaire, on peut régler à volonté avec précision le nombre de décharges de l'éclateur; une fois ce réglage fait, les fréquences des étincelles restent invariables ».... « Quand on emploie des téléphones ou autres récepteurs acoustiques pour distinguer les messages par les notes émises par plusieurs postes, la fréquence des décharges doit être évidemment inférieure à la fréquence des sons acoustiques les plus élevés que l'oreille peut entendre et elle ne doit pas être inférieure à la fréquence des vibrations acoustiques les plus basses qu'on peut entendre. » (*United States Patent*, n° 783992.)

Dans le même document j'indiquais l'emploi comme récepteurs de monotéléphones ou de relais monotéléphoniques; les cohéreurs autodécohérents représentés sur les figures étaient du type dit *anticohéreur* de Neugschwender.

adopter des sons très différents, suivant qu'ils vont dans un sens ou dans l'autre et avoir des récepteurs accordés sur le son des navires qu'ils risquent de croiser et insensibles à leurs propres signaux.

» De même si l'on installe dans nos phares des émetteurs de signaux sans fil, les divers phares pourraient émettre une ou plusieurs notes différentes. »

Il m'a paru intéressant de rappeler ces prévisions au moment où cette méthode vient de recevoir, avec ma collaboration, d'intéressantes applications; deux radio-phares, émettant respectivement les notes *ut* 4 et *sol* 4, et fournissant des signaux groupés par commutateur automatique, viennent d'être mis en service avec succès aux îles d'Ouessant et de Sein, il y a quelques mois, par le Service des Phares, sous la haute direction de son directeur, M. l'inspecteur général Ribière, et réalisent parfaitement tous les avantages prévus pour la facile distinction des signaux (1).

CORRESPONDANCE.

M. C. **Graebe**, élu Correspondant pour la Section de Chimie, adresse des remercîments à l'Académie.

MM. **Désiré André** et **André Blondel** prient l'Académie de vouloir bien les compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section des Académiciens libres, par le décès de M. *Teisserenc de Bort*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

F. Legueu, E. Papin et G. Maingot. *Exploration radiographique de l'appareil urinaire*. (Présenté par M. F. Guyon.)

---

(1) Je dois ajouter que l'antériorité que je rappelle ne saurait réduire le mérite des officiers et ingénieurs qui, comme M. le commandant Ferrié et M. Béthenod, ont contribué, depuis quelques années, à la réalisation pratique du système exposé plus haut et qui y ont apporté d'importants perfectionnements; en particulier dans les postes auxquels il est fait allusion, l'alternateur est du type Béthenod et l'éclateur du type Ferrié.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les réseaux dérivés.* Note de M. G. TZITZÉICA.

On pourra faire un progrès notable dans l'étude de l'équation de Laplace, si importante pour tant de questions de géométrie infinitésimale, lorsque l'on pourra donner une forme géométrique, par conséquent intuitive, aux propriétés déjà connues, dues en grande partie à M. Darboux. Voici dans cet ordre d'idées quelques résultats qui méritent, il me semble, l'attention des géomètres.

1. Considérons un réseau conjugué (u, v) situé dans un S_n (espace linéaire à n dimensions) et décrit par le point x de coordonnées projectives

$$x_i (i = 1, 2, \ldots, n+1).$$

Dans quel cas un point x' du plan tangent de x décrit-il aussi un réseau conjugué ; c'est-à-dire, les x_i vérifiant l'équation

$$\frac{\partial^2 x}{\partial u \partial v} + a\frac{\partial x}{\partial u} + b\frac{\partial x}{\partial v} + cx = 0, \tag{1}$$

comment devra-t-on choisir les coefficients de l'expression

$$x'_i = p\frac{\partial x_i}{\partial u} + q\frac{\partial x_i}{\partial v} + rx_i, \tag{2}$$

pour que les x'_i vérifient une équation de la même forme que (1)? Il y a deux cas différents, suivant que l'on a $n > 3$ ou $n = 3$.

Dans le premier cas les x'_i sont de la forme

$$x'_i = \begin{vmatrix} x_i & \frac{\partial x_i}{\partial u} & \frac{\partial x_i}{\partial v} \\ \theta_1 & \frac{\partial \theta_1}{\partial u} & \frac{\partial \theta_1}{\partial v} \\ \theta_2 & \frac{\partial \theta_2}{\partial u} & \frac{\partial \theta_2}{\partial v} \end{vmatrix}, \tag{3}$$

θ_1 et θ_2 étant des solutions particulières de (1). Dans le cas où $n = 3$, il y a deux catégories de réseaux (x'), décrits par des points du plan tangent de (x) : une première catégorie est définie, comme dans le cas précédent, par les expressions (3); une autre catégorie est définie par une relation assez compliquée entre les coefficients de (2). Nous appellerons les réseaux de

la première catégorie *réseaux dérivés* du réseau (x). Ces réseaux se distinguent de ceux de la deuxième catégorie par une propriété caractéristique. A savoir, si l'on considère les réseaux (x_1) et (x_{-1}) déduits de (x) par la méthode de Laplace et les réseaux (x'_1) et (x'_{-1}) déduits de la même manière de (x'), alors *la condition nécessaire et suffisante pour que les points x'_1 et x'_{-1} appartiennent aux plans tangents en x_1 et x_{-1} respectivement, est que le réseau (x') soit dérivé du réseau (x).*

2. Les réseaux dérivés précédents sont des cas particuliers de réseaux bien plus généraux, définis par les expressions (m, n) de M. Darboux (*Théorie des surfaces*, t. II, p. 169). Pour écrire une de ces expressions, j'emploie la notation suivante :

$$\frac{\partial^j \theta}{\partial u_2 \partial v^k} = \theta_{ik} \quad (j = i + k).$$

On aura alors

$$(p, q) = \begin{vmatrix} x & x_{10} & x_{20} \dots & x_{p0} & x_{01} & x_{02} \dots & x_{0q} \\ \theta' & \theta'_{10} & \theta'_{20} \dots & \theta'_{p0} & \theta'_{01} & \theta'_{02} \dots & \theta'_{0q} \\ \cdot & & & & & & \\ \cdot & & & & & & \\ \cdot & & & & & & \\ \theta^{r} & \theta^{r}_{10} & \theta'^{r}_{20} \dots & \theta^{r}_{p0} & \theta^{(r)}_{01} & \theta^{r}_{02} \dots & \theta^{(r)}_{0q} \end{vmatrix}, \qquad r = p + q.$$

θ', θ'', ..., $\theta^{(x)}$ étant des solutions de (1), linéairement indépendantes. Si l'on prend dans l'expression précédente pour x à tour de rôle les coordonnées x_i du point x, on obtiendra un réseau conjugué, que nous appellerons *réseau dérivé d'ordre r*. On a $r + 1$ réseaux dérivés d'ordre r. Je précise la suite des réseaux dérivés des différents ordres de la façon suivante. Je suppose d'abord que pour tous les réseaux dérivés d'un même ordre r les solutions θ', θ'', ..., $\theta^{(r)}$ sont les mêmes; ensuite, que pour passer de l'ordre r au suivant, j'ajoute une solution nouvelle $\theta^{(r+1)}$ et je garde les autres.

On a d'abord le résultat suivant : *Tous les réseaux dérivés d'un même ordre r forment une suite de Laplace.* D'une manière plus claire, les réseaux définis par les expressions $(r - r', r')$, $(r - r' - 1, r' + 1)$ sont les deux réseaux focaux d'une congruence de droites. Ce résultat montre d'une manière précise la relation réciproque des réseaux dérivés d'un même ordre.

En voici maintenant un autre qui établit une relation entre les réseaux dérivés d'ordres successifs : *Le point qui décrit le réseau défini par $(r - r', r')$ se trouve sur la droite qui joint les points définis par $(r - r', r - 1)$ et*

$(r-r'-1, r')$ *pour* $0 < r' < r$. Le point $(p, 0)$ se trouve sur la tangente à la courbe $v =$ const. du réseau $(p-1, 0)$ et le point $(0, p)$ sur la tangente à la courbe $u =$ const. de $(0, p-1)$.

Ces résultats, et d'autres que je me dispense d'énoncer, sont plus intuitifs sur une figure schématique que dans les énoncés précédents.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une application du calcul fonctionnel à la théorie des fonctions*. Note de M. D. **Pompéiu**, présentée par M. Appell.

1. Soit

$$f(z) = u(x, y) + iv(x, y)$$

une fonction de la variable complexe $z = x + iy$, définie dans un domaine D, que je supposerai simplement connexe. Je prends l'expression *fonction de variable complexe* dans son sens général et non dans le sens restreint de fonction analytique.

D'après un théorème de Morera, la fonction $f(z)$ est holomorphe dans le domaine D si :

1° elle est continue dans ce domaine;

2° l'intégrale

$$\int_C f(z)\,dz$$

est nulle pour tout contour fermé C, tracé dans D.

D'après ce théorème, étant donnée une fonction de variable complexe et continue, pour reconnaître qu'elle est holomorphe dans un domaine, il suffit de prouver qu'elle y satisfait au théorème fondamental de Cauchy.

En ce sens, la valeur de l'intégrale

$$\text{(1)} \qquad I = \int_C f(z)\,dz,$$

dans le cas où elle n'est pas nulle, apparaît comme une sorte de *mesure* de la *non-holomorphie* de $f(z)$ dans le domaine limité par C.

Mais il y a plus.

Soient $f(z)$ et $g(z)$ deux fonctions, définies dans le même domaine D (simplement connexe) et continues dans ce domaine : je ne suppose pas que f et g soient holomorphes dans D. Je suppose seulement que les inté-

grales

$$\int_C f(z)\,dz, \qquad \int_C g(z)\,dz$$

ont toujours même valeur, quel que soit le contour fermé C, tracé dans D.

On peut affirmer alors que $g(z)$ ne diffère de $f(z)$ que par une fonction holomorphe dans D.

On voit donc que le théorème de Morera nous permet de distinguer, dans l'ensemble des fonctions $f(z)$, continues et non holomorphes, une fonction d'une autre, mais seulement *à une fonction holomorphe près*.

Pour achever de déterminer $f(z)$ il suffit de se donner les valeurs de $f(z)$ sur un arc de courbe L.

Ainsi : *une fonction de variable complexe $f(z)$, continue, est parfaitement définie par les valeurs* I *des intégrales* (1) *et par la suite des valeurs que $f(z)$ prend sur un arc de courbe.*

On saisit tout de suite la grande généralité de ce mode de définition : à la continuité près, la fonction $f(z)$ est absolument quelconque; elle peut, par exemple, se réduire à une simple fonction réelle des deux variables réelles x et y.

2. Mais, avec ce mode de définition, il est naturel de se poser la question inverse : à quelles conditions doit-on soumettre un ensemble de nombre I pour que, étant donné cet ensemble, on puisse être certain de l'existence d'une fonction $f(z)$ répondant à l'équation (1)?

Je n'examinerai pas ici cette question délicate, le but de cette Note étant de faire connaître, comme application de la *définition fonctionnelle* des $f(z)$, une classification de ces fonctions, en prenant comme critérium l'extension d'une propriété fondamentale des fonctions analytiques.

Soient $h_1(z)$ et $h_2(z)$ deux fonctions holomorphes définies dans deux domaines, D_1 et D_2, séparés par une ligne rectifiable $\alpha\beta$. Si $h_1(z)$ et $h_2(z)$ sont continues sur $\alpha\beta$ et prennent sur cette ligne les mêmes valeurs, la fonction $h(z)$, égale à $h_1(z)$ dans D_1 et à $h_2(z)$ dans D_2, est holomorphe dans le domaine $D_1 + D_2$.

J'exprimerai ce théorème (dû à M. Painlevé) plus brièvement en disant que *toute fonction holomorphe est prolongeable par continuité.*

Soit maintenant $f(z)$ une fonction de variable complexe (il ne s'agit plus de fonctions holomorphes) continue et rentrant, par sa définition générale, dans une classe de fonctions bien déterminée $\mathcal{C}$. A quelle condition cette fonction $f(z)$ est-elle *prolongeable par continuité?*

En d'autres termes : si deux fonctions de la classe $\mathfrak{S}$, définies une de chaque côté d'une ligne rectifiable L, prennent la même suite continue de valeurs sur la ligne L, peut-on, par la suppression de la ligne L, affirmer que dans la région totale, la fonction ainsi obtenue appartient à la classe $\mathfrak{S}$?

La définition fonctionnelle des $f(z)$ nous permet de donner une réponse précise à cette question :

Pour qu'une fonction continue $f(z)$ soit prolongeable par continuité, il faut et il suffit que l'opération fonctionnelle soit LINÉAIRE.

Ainsi se trouve définie, dans l'ensemble des fonctions $f(z)$, une famille de fonctions continues parfaitement caractérisées par la propriété du *prolongement par continuité*.

En particulier, pour la classe des fonctions holomorphes, l'application de notre proposition fondamentale est immédiate, au moyen du théorème de Morera. Cela nous donne une démonstration nouvelle, et très simple, du théorème de M. Painlevé.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Détermination de toutes les fonctions permutables de première espèce avec une fonction donnée.* Note (1) de M. **Joseph Pérès**, présentée par M. Hadamard.

1. M. Volterra a montré (2) l'intérêt que présente, en particulier, pour la résolution de certaines équations intégrales, la question suivante : *déterminer toutes les fonctions permutables de première espèce avec une fonction donnée*. Il a résolu cette question dans le cas où la fonction donnée est *du premier* ou *du deuxième ordre* (3).

Je résoudrai ici, par une extension convenable de sa méthode, le même problème dans le cas général où la fonction donnée est d'ordre $n+1$.

2. Soit donc $f(x,y)$ la fonction donnée d'ordre $n+1$ que nous supposerons continue ainsi que ses dérivées jusqu'à l'ordre $n+2$ inclus. Nous

(1) Présentée dans la séance du 27 janvier 1913.

(2) Volterra, *Rend. dei Lincei*, 17 avril 1910 et 5 mars 1911.

(3) Cf. Volterra, *loc. cit.* Le fait que $f(x,y)$ est d'ordre $n+1$ peut s'exprimer ainsi : f et ses dérivées jusqu'à l'ordre $n-1$ sont nulles pour $x=y$. Ses dérivées d'ordre n sont, au contraire, différentes de 0 pour $x=y$.

pourrons, grâce à deux transformations indiquées par M. Volterra, supposer que

(a) toutes les dérivées de f jusqu'à l'ordre $n-1$ inclus sont nulles pour $x=y$;

$$(b)\quad \left[\frac{\partial^n f(x,y)}{\partial y^n}\right]_{x=y} = -\left[\frac{\partial^n f(x,y)}{\partial y^{n-1}\partial x}\right]_{x=y} = \ldots = (-1)^n \frac{\partial^n f(x,y)}{\partial x^n} = 1 ;$$

(c) les dérivées d'ordre $n+1$ de f sont nulles pour $x=y$.

Si alors $\varphi(x,y)$ est une fonction permutable avec f, on aura

$$(1)\qquad \int_x^y \varphi(x,\xi) f(\xi,y)\,d\xi = \int_x^y f(x,\xi)\,\varphi(\xi,y)\,d\xi = \Phi(x,y).$$

De là on déduit aisément que $\Phi(x,y)$ satisfait aux conditions :

(A). $\Phi(x,y)$ *et ses dérivées jusqu'à l'ordre n inclus sont nulles pour* $x=y$.

$$(\mathrm{B})\qquad \frac{\partial^{n+1}\Phi(x,y)}{\partial y^{n+1}} - (-1)^{n+1}\frac{\partial^{n+1}\Phi(x,y)}{\partial x^{n+1}} = \int_x^y \left\{\frac{\partial^n \Phi(x,\xi)}{\partial \xi^n} \mathrm{F}(\xi,y) - \mathrm{G}(x,\xi)\frac{\partial^n \Phi(\xi,y)}{\partial \xi^n}\right\} d\xi,$$

où F, G sont des fonctions connues, finies et continues.

Inversement il est facile de voir que, si l'on connaît la fonction Φ la plus générale satisfaisant à (A) et (B), on en déduira, après simple résolution d'une équation de Volterra de deuxième espèce, *la fonction* φ *permutable avec f la plus générale*.

Le problème posé est donc ramené à la résolution de l'équation intégro-différentielle (B) *sous les conditions* (A).

3. En faisant dans l'équation (B) le changement de variables $v=y-x$, $u=x$, elle prend la forme

$$(\mathrm{B}')\qquad k\left(\frac{\partial}{\partial v} - \alpha_1\frac{\partial}{\partial u}\right)\left(\frac{\partial}{\partial v} - \alpha_2\frac{\partial}{\partial u}\right)\cdots\left(\frac{\partial}{\partial v} - \alpha_n\frac{\partial}{\partial u}\right)\frac{\partial}{\partial u}\Phi(u,v) = \mathcal{E}_\Phi(u,v),$$

k, α_1, …, α_n étant des constantes faciles à évaluer et $\mathcal{E}_\Phi(u,v)$ le second membre de (B). Il faut trouver une solution de l'équation (B′) nulle ainsi que ses dérivées jusqu'à l'ordre n pour $v=0$.

Mais la résolution de (B′), où le deuxième membre est supposé connu,

est très simple. En posant

$$(2) \qquad E_\Phi(u, v) = \int_0^u d\xi_1 \int_0^{\xi_1} d\xi_2 \ldots \int_0^{\xi_{n-1}} d\xi_n \mathcal{C}_\Phi(\xi_n, v),$$

et les nombres N_i étant définis par la décomposition en éléments simples

$$\frac{1}{k(V-\alpha_1 U)(V-\alpha_2 U)\ldots(V-\alpha_n U)} = \frac{1}{U^{n-1}} \sum_1^n {}_i \frac{N_i}{(V-\alpha_i U)},$$

la solution de l'équation (B') ayant des dérivées nulles jusqu'à l'ordre $n-1$ pour $v=0$ est

$$(C) \qquad \Phi(u, v) - g(v) + \sum_1^n {}_i N_i \int_0^v d\eta\, E_\Phi[u + \alpha_i(v-\eta), \eta];$$

g étant une fonction arbitraire de v nulle ainsi que ses dérivées jusqu'à l'ordre $n-1$ pour $v=0$. La Φ cherchée satisfait donc (C) et inversement, comme on le constate aisément, pour que la solution de (C) vérifie (B') sous les conditions imposées, il faut et il suffit que la $n^{\text{ième}}$ dérivée de g soit, elle aussi, nulle.

4. Nous sommes finalement ramenés à la résolution de

$$(C) \qquad \Phi(u, v) = g(v) + \lambda \sum_1^\infty {}_i N_i \int_0^v d\eta\, E_\Phi[u + \alpha_i(v-\eta), \eta] \qquad (\lambda = 1),$$

E_Φ ayant la valeur (2) et g étant une fonction donnée arbitraire sous les restrictions précédentes. Cette équation est *intégro-différentielle* puisque, dans E_Φ, apparaissent les dérivées de Φ d'ordre n. *Sa résolution est pourtant, je vais le montrer, tout à fait analogue à celle d'une équation de Volterra de deuxième espèce.*

Si, en effet, on cherche à résoudre l'équation (C) par une série de puissances du paramètre λ

$$(D) \qquad \Phi_0 + \lambda\Phi_1 + \ldots + \lambda^p \Phi_p + \ldots,$$

on trouve que, en dernière analyse, les Φ_p s'expriment en fonction des seules dérivées $n^{\text{ièmes}}$ de g. On obtient alors aisément des limites supérieures du module des Φ_p en fonction des modules maximum des dérivées $n^{\text{ièmes}}$ de g, et l'on en déduit que la série (D) est une fonction entière de λ. (Elle converge comme une série exponentielle.)

La série (D) fournit la solution de l'équation *intégro-différentielle* (C), *solution unique*, car, après les remarques précédentes, il n'est plus difficile de démontrer que l'équation (C), où l'on suppose $g=0$, n'admet pas d'autre solution que zéro ([1]).

Le problème posé est ainsi résolu, la fonction Φ s'exprimant donc (en revenant aux variables x et y) par une série très rapidement convergente dont les termes se calculent à partir de la fonction arbitraire ([2]) $g(y-x)$ et de ses dérivées d'ordre n par des intégrations.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Sur les équations du mouvement des systèmes conservatifs non holonomes.* Note de M. A. **Bilimovitch**, présentée par M. Appell.

Posons que $q_s (s=1, 2, \ldots, n+k)$ sont les coordonnées du système matériel. Écrivons dans la forme suivante les liaisons différentielles non intégrables

$$(1)\qquad q'_{n+r}-\sum_{i=1}^{n} a_{ri}q'_i - a_r = 0 \qquad (r=1, 2, \ldots, k),$$

où $'$ désigne la dérivée par rapport au temps et a_{ri}, a_r sont les fonctions des coordonnées et du temps.

Les équations du mouvement avec les multiplicateurs des liaisons sont les suivants :

$$(2)\qquad \frac{d}{dt}\frac{\partial T}{\partial q'_i}-\frac{\partial T}{\partial q_i}=Q-\sum_{r=1}^{k}\lambda_r a_{ri} \qquad (i=1, 2, \ldots, n),$$

$$(3)\qquad \frac{d}{dt}\frac{\partial T}{\partial q'_{n-r}}-\frac{\partial T}{\partial q_{n+r}}=Q_{n+r}+\lambda_r \qquad (r=1, 2, \ldots, k);$$

ici T est la force vive du système et Q_i, Q_{n+r} les forces généralisées.

On peut écrire le système des équations (2) après l'élimination des multiplicateurs λ_r de cette manière :

$$(4)\qquad \frac{d}{dt}\frac{\partial T}{\partial q'_i}-\frac{\partial T}{\partial q_i}=Q_i-\sum_{r=1}^{k}a_{ri}\left(\frac{d}{dt}\frac{\partial T}{\partial q'_{n+r}}-\frac{\partial T}{\partial q_{n+r}}-Q_{n+r}\right) \qquad (i=1, 2, \ldots, n).$$

([1]) Comparer à la méthode que l'on emploie dans la théorie de l'équation de Volterra.

([2]) Sous les restrictions déjà indiquées.

Mettons maintenant dans l'expression de T au lieu de q'_{n+r} leurs valeurs tirées de (1) et indiquons le résultat par Θ, alors nous aurons

$$T(q_s, q'_s) = \Theta(q_s, q'_i), \qquad \frac{\partial T}{\partial q'_i} = \frac{\partial \Theta}{\partial q'_i} - \sum_{r=1}^{k} \frac{\partial T}{\partial q'_{n+r}} \frac{\partial q'_{n+r}}{\partial q'_i},$$

$$\frac{\partial T}{\partial q_s} = \frac{\partial \Theta}{\partial q_s} - \sum_{r=1}^{k} \frac{\partial T}{\partial q'_{n+r}} \frac{\partial q'_{n+r}}{\partial q_s}.$$

En utilisant ces relations nous écrirons les relations (4) ainsi :

$$(5) \quad \frac{d}{dt}\frac{\partial \Theta}{\partial q'_i} - \frac{\partial \Theta}{\partial q_i} - \sum_{r=1}^{k} \frac{\partial \Theta}{\partial q_{n+r}} \frac{\partial q'_{n+r}}{\partial q'_i} - Q_i - \sum_{r=1}^{k} Q_{n+r} \frac{\partial q'_{n+r}}{\partial q'_i}$$

$$- \sum_{\mu=1}^{k} \theta_\mu \left(\frac{d}{dt}\frac{\partial q'_{n+\mu}}{\partial q'_i} - \frac{\partial q'_{n+\mu}}{\partial q_i} - \sum_{r=1}^{k} \frac{\partial q'_{n+\mu}}{\partial q_{n+r}} \frac{\partial q'_{n+r}}{\partial q'_i} \right) = 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

où $\theta_\mu = \sum_{i=1}^{n} b_{ri} q'_i + b_r$ désigne le résultat de l'élimination des vitesses q'_{n+r} de $\frac{\partial T}{\partial q'_{n+\mu}}$; au lieu de q'_{n+r} il faut toujours avant la différentiation prendre dans les équations (5) leur valeur (1). L'intégration des équations (5) simultanées (1) résout le problème sur le mouvement du système. Les équations (5) ont été indiquées par M. P. Worometz [1].

Posons que les forces ont la fonction des forces U, ainsi

$$Q_s = \frac{\partial U}{\partial q_s} \quad (s = 1, 2, \ldots n + k)$$

et que ni cette fonction U, ni la force vive T ne sont pas dépendantes du temps; posons encore que $a_r = 0$. Dans ce cas le système est conservatif, il y a l'intégrale $T = U + h$; où h est une constante arbitraire. Admettons d'abord que a_{ri} sont aussi indépendants du temps, quoique cette condition ne soit pas nécessaire pour obtenir l'intégrale des forces vives.

Nous pouvons maintenant éliminer le temps des équations (5). Pour cela prenons la coordonnée q_1 comme une variable indépendante et posons

$$k_j = \frac{q'_j}{q'_1} = \frac{dq_j}{dq_1} \qquad (j = 2, 3, \ldots, n).$$

Puisque q'_{n+r} sont les fonctions homogènes des vitesses q'_i, la fonction Θ est

[1] P. Worometz, *Sur les équations du mouvement des systèmes non holonomes* (*Recueil mathématique de Moscou*, t. XXII, 1902) (en russe).

aussi homogène du second degré. Donc nous pouvons mettre $\Theta = q'^2_1 G$, où $G = \text{fonct.}(q_s, k_j)$. L'intégrale des forces vives nous donne pour introduire le temps la quadrature suivante :

$$dt = \sqrt{\frac{G}{U+h}}\, dq_1. \tag{6}$$

Alors en posant

$$P = \sqrt{G(U+h)},$$

nous pouvons de ces équations (5) construire les nouvelles équations suivantes :

$$\frac{d}{dq_1}\frac{\partial P}{\partial k_j} - \frac{\partial P}{\partial q_j} - \sum_{r=1}^{k} \frac{\partial P}{\partial q_{n+r}} a_{rj} - \frac{1}{2}\sum_{\mu=1}^{k} \theta_\mu \left[\frac{d\alpha_{\mu j}}{dq_1} - \frac{1}{q'_1}\left(\frac{\partial q'_{n+\mu}}{\partial q_j} + \sum_{r=1}^{k} \frac{\partial q'_{n+\mu}}{\partial q_{n+r}} a_{rj}\right)\right] = 0 \quad (j = 2, \ldots, n), \tag{7}$$

où il faut admettre que

$$\theta_\mu = \sqrt{\frac{U+h}{G}}\left(\sum_{l=2}^{n} b_{\mu l} k_l + b_{\mu 1}\right), \qquad \frac{1}{q'_1}\frac{\partial q'_{n+\mu}}{\partial q_s} = \frac{\partial a_{\mu 1}}{\partial q_s} + \sum_{l=2}^{n} \frac{\partial a_{\mu l}}{\partial q_s} k_l.$$

L'intégration des équations (7) simultanées

$$\frac{dq'_{n+r}}{dq_1} = a_{r1} + \sum_{j=2}^{n} a_{rj} k_j$$

résout le problème avec la quadrature (6).

On peut donc écrire les équations (7) ainsi :

$$\frac{d}{dq_1}\frac{\partial G}{\partial k_j} + \frac{G}{U+h}\frac{\partial G}{\partial k_j}\left(\sqrt{\frac{U+h}{G}}\frac{d}{dq_1}\sqrt{\frac{U+h}{G}}\right) - \left(\frac{\partial G}{\partial q_j} + \sum_{r=1}^{k} \frac{\partial G}{\partial q_{n+r}} a_{rj}\right) - \frac{G}{U+h}\left(\frac{\partial U}{\partial q_j} + \sum_{r=1}^{k} \frac{\partial U}{\partial q_{n+r}} a_{rj}\right) - M_j = 0 \tag{8}$$

$$(j = 2, 3, \ldots, n),$$

où

$$M_j = \sum_{\mu=1}^{k}\left(\sum_{l=2}^{n} b_{\mu l} k_l + b_{\mu 1}\right) \times \left[\frac{d\alpha_{\mu j}}{dq_1} - \left(\frac{\partial a_{\mu 1}}{\partial q_j} + \sum_{l=2}^{n} \frac{\partial \alpha_{\mu l}}{\partial q_j} k_l\right) - \sum_{r=1}^{k}\left(\frac{\partial a_{\mu 1}}{\partial q_{n+r}} + \sum_{l=2}^{n} \frac{\partial a_{\mu l}}{\partial q_{n+r}} k_l\right) a_{rj}\right].$$

Si de la première équation du système (5) nous éliminons aussi le temps, nous arrivons à cette égalité

$$\frac{\sqrt{U+h}}{G}\frac{d}{dq_1}\left(A\sqrt{\frac{U+h}{G}}\right)-\frac{U+h}{G}\left(\frac{\partial G}{\partial q_1}+\sum_{r=1}^{k}\frac{\partial G}{\partial q_{n+r}}a_{r1}\right)$$
$$-\left(\frac{\partial U}{\partial q_1}+\sum_{r=1}^{k}\frac{\partial U}{\partial q_{n+r}}a_{r1}\right)-\frac{U+h}{G}M_1=0,$$

ici

$$A=2G-\sum_{j=2}^{n}\frac{\partial G}{\partial k_j}k_j.$$

$$M_1=\sum_{\mu=1}^{k}\left(\sum_{l=2}^{n}b_{\mu l}k_l+b_{\mu 1}\right)$$
$$\times\left[\frac{da_{\mu 1}}{dq_1}-\left(\frac{\partial a_{\mu 1}}{\partial q_1}+\sum_{l=2}^{n}\frac{\partial a_{\mu l}}{\partial q_1}k_l\right)-\sum_{r=1}^{k}\left(\frac{\partial a_{\mu 1}}{\partial q_{n+r}}+\sum_{l=2}^{n}\frac{\partial a_{\mu l}}{\partial q_{n+r}}\right)a_{r1}\right].$$

En utilisant cette égalité on peut écrire les équations (8) sous la forme suivante :

$$\frac{d}{dq_1}\frac{\partial G}{\partial k_j}+\frac{1}{A}\frac{\partial G}{\partial k_j}$$
$$\times\left[\frac{G}{U+h}\left(\frac{\partial U}{\partial q_1}+\sum_{r=1}^{k}\frac{\partial U}{\partial q_{n+r}}a_{r1}\right)+\left(\frac{\partial G}{\partial q_1}+\sum_{r=1}^{k}\frac{\partial G}{\partial q_{n+r}}a_{r1}\right)-\frac{dA}{dq_1}+M_1\right]$$
$$-\left(\frac{\partial G}{\partial q_j}+\sum_{r=1}^{k}\frac{\partial G}{\partial q_{n+r}}a_{rj}\right)-\frac{G}{U+h}\left(\frac{\partial U}{\partial q_j}+\sum_{r=1}^{k}\frac{\partial U}{\partial q_{n+r}}a_{rj}\right)-M_j=0$$
$$(j=2,3,\ldots,n).$$

Si la fonction des forces et les coefficients de la force vive sont des fonctions rationnelles des coordonnées, les dernières équations ne contiennent aucune irrationnalité.

Dans le cas du système holonome nous obtenons les équations

$$\frac{d}{dq_1}\frac{\partial G}{\partial k_j}+\frac{1}{A}\frac{\partial G}{\partial k_j}\left(\frac{\partial G}{\partial q_1}+\frac{G}{U+h}\frac{\partial U}{\partial q_1}-\frac{dA}{dq_1}\right)-\frac{\partial G}{\partial q_j}-\frac{G}{U+h}\frac{\partial U}{\partial q_j}=0$$
$$(j=2,3,\ldots,n)$$

qui ne représentent qu'une nouvelle modification sans irrationnalité des équations de Jacobi [1] pour les systèmes conservatifs holonomes.

---

[1] C. S. J. Jacobi, *Vorlesungen über Dynamik*, Sechste Vorlesung. Berlin, 1884.

ÉLECTRICITÉ. — *Phénomènes mis en jeu dans le détecteur électrolytique sans force électromotrice auxiliaire et considération théorique sur le fonctionnement des détecteurs électrolytiques.* Note de M. **Paul Jégou**, présentée par M. Lippmann.

Dans une Note précédente (23 mai 1910) nous avons déjà fait connaître le principe d'un détecteur électrolytique très sensible fonctionnant sans le secours d'une force électromotrice auxiliaire. Nous avons repris son étude dans le but de le perfectionner et d'en faire un détecteur dont la sensibilité soit constante, certaine et facile à réaliser. Nous avons reconnu que l'amalgame *mercure-zinc* était à ce point de vue bien plus avantageux que l'amalgame *mercure-étain* que nous avons signalé. Les nouveaux détecteurs que nous avons ainsi réalisés, non seulement sont aussi sensibles que les détecteurs électrolytiques ordinaires, mais leur sont parfois supérieurs. D'autre part, le son engendré par les trains d'ondes dans les écouteurs est extrêmement clair et spécialement favorable à la réception des trains d'ondes musicaux.

Si l'on examine le fonctionnement de ces détecteurs, il est bien certain que la sensibilité de la cellule électrolytique est due au couple électrique qui naît du contact des deux électrodes différentes avec l'électrolyte : mais ce qui est plus intéressant de remarquer, c'est qu'ici l'électrode active, c'est-à-dire l'électrode sensible à contact punctiforme avec l'électrolyte, fonctionne sous l'action d'un courant en sens inverse du courant appliqué quand le détecteur est associé à une source électrique auxiliaire. Bref, l'électrode active agit comme cathode et non comme anode suivant le montage habituel. En effet, c'est l'amalgame mercure-zinc qui est attaqué légèrement par l'électrolyte et qui, par conséquent, constitue le pôle négatif de l'élément. A l'intérieur de cet élément le courant va donc de l'électrode mercure-zinc vers l'électrode sensible. Ce sens est bien inverse du courant normal dans le détecteur polarisé. Il importe d'ailleurs de remarquer que la haute sensibilité de ce détecteur est due précisément à ce que la tension critique λ' d'un tel détecteur, lorsqu'on applique sur l'électrode active le pôle négatif d'une source électrique auxiliaire, est précisément égale à la force électromotrice formée par le couple intérieur de la cellule électrolytique ainsi formée.

Ces recherches nous ont conduit à penser qu'à la théorie qui fait mettre

en jeu une dépolarisation de l'électrode active sous l'action de l'onde pour expliquer le fonctionnement des détecteurs électrolytiques, il pourrait être intéressant de joindre une hypothèse sur le mécanisme de l'action des ondes hertziennes sur cette dépolarisation. Nous avons été conduit à supposer que le platine, corps extrêmement poreux et condensant facilement des gaz en lui-même, se comporterait comme une sorte de *limaille agglomérée* (expérience de M. Branly, radioconducteur à limaille agglomérée dans du soufre) qui, en quelque sorte, *cohérerait* sous l'action des ondes, ce qui aurait pour effet de chasser les gaz occlus dans le platine, c'est-à-dire précisément de dépolariser l'électrode sensible.

Si l'on tient compte d'autre part du *skin-effect* pour les courants de haute fréquence, qui est tel que pour la fréquence 10^8 l'intensité des oscillations n'est plus que le centième de l'intensité superficielle à la profondeur de $0^{mm},029$, on s'explique aisément pourquoi le fil de l'électrode sensible doit être : 1° en platine (métal poreux); 2° en fil très fin (skin-effect); 3° très court (effet total du courant hertzien avant toute diffusion dans l'électrolyte).

Remarquons d'ailleurs que cette théorie semble pouvoir expliquer facilement la plupart des phénomènes secondaires observés dans le fonctionnement d'un détecteur électrolytique avec ou sans force électromotrice :

1° Fonctionnement sans pile, même avec deux électrodes en platine sous l'action d'ondes énergiques, avec naissance d'un courant inverse au courant décelé lorsqu'on lui applique une source auxiliaire;

2° Possibilité de fonctionnement, comme nous l'avons observé, avec une électrode active en fil de platine extrêmement fin ayant 5^{mm} à 6^{mm} de long, si ce fil a été au préalable porté à l'incandescence, c'est-à-dire dépolarisé dans sa masse;

3° Fonctionnement de plusieurs détecteurs montés en parallèle comme si chacun d'eux existait seul, malgré la multiplicité des points de contact de l'électrode active avec l'électrolyte, ce qui est contraire à la condition de sensibilité du détecteur.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la durée d'établissement de la biréfringence électrique.* Note de M. C. Gutton, présentée par M. Lippmann.

Les expériences de M. Blondlot, de MM. Abraham et Lemoine, de M. James, celles que j'ai moi-même décrites [1], ont montré que la biréfringence électrique du sulfure de carbone a complètement disparu un temps très court après la suppression du champ de force électrique. Le retard, s'il existe, n'excéderait pas le temps pendant lequel la lumière se propage de $0^m,50$; rien, du reste, n'autorise à conclure à l'existence d'un retard.

Les expériences que je vais décrire m'ont permis de constater que, dans un champ de force d'intensité variable, les variations de la biréfringence électrique ne suivent pas exactement celles de la force électrique.

Entre un polariseur et un analyseur à l'extinction dont les plans de polarisation sont inclinés à 45° sur l'horizon, sont disposés, l'un à la suite de l'autre, deux condensateurs; ils sont immergés dans des liquides différents dont les biréfringences électriques sont de même signe, de la naphtaline bromée et du sulfure de carbone, par exemple. Les armatures sont reliées deux à deux et réunies aux conducteurs d'une machine de Holtz; les deux condensateurs sont donc constamment chargés à la même différence de potentiel. Les lignes de force sont horizontales entre les armatures du premier condensateur et verticales entre celles du second; les deux condensateurs produisent par suite, entre les deux composantes polarisées verticalement et horizontalement, des différences de marche en sens inverse. On peut faire en sorte que les actions des deux condensateurs se compensent exactement; à cet effet, on modifie lentement, à l'aide d'une vis à filet fin, la distance des armatures du condensateur à sulfure de carbone et l'on cherche la position de l'armature mobile pour laquelle l'analyseur éteint la lumière.

Cette condition étant réalisée, on supprime, par la manœuvre d'un interrupteur à bascule, les communications avec la machine de Holtz et l'on relie les condensateurs à un oscillateur qui produit des ondes de Hertz très intenses, dont la demi-longueur d'onde est $2^m,20$. L'intensité du champ de force électrique entre les armatures est alors très rapidement variable et, comme les fils de jonction sont courts, les différences de potentiel restent

---

[1] R. Blondlot, *Journ. de Phys.*, 2e série, t. VII, 1888, p. 91. — H. Abraham et J. Lemoine, *Journ. de Phys.*, 3e série, t. IX, 1900, p. 262. — J. James, *Ann. der Phys.*, 4e série, t. XV, 1904, p. 954. — C. Gutton, *Journ. de Phys.*, 3e série, t. II, 1912, p. 51.

constamment les mêmes pour les deux condensateurs. Si les biréfringences électriques des deux liquides suivaient instantanément les variations de la force électrique, le réglage fait pour les charges statiques subsisterait; or l'expérience montre que, pour retrouver l'extinction, il faut diminuer la distance des armatures du condensateur à sulfure de carbone; cette diminution atteint $\frac{1}{26}$ de la distance totale qui était de $2^{mm},1$.

On en conclut que la biréfringence ne suit pas instantanément les variations de la force électrique et, puisque le condensateur à naphtaline bromée est devenu plus biréfringent que le condensateur à sulfure de carbone, c'est que la biréfringence de ce dernier liquide n'a pas eu le temps de s'établir aussi complètement que celle du premier.

En croisant rapidement les expériences, on évite les erreurs qui pourraient provenir de variations de température. Des expériences de vérification m'ont montré que, si les deux condensateurs sont plongés dans le même liquide, l'appareil réglé pour les charges statiques l'est encore pour les charges oscillantes.

Comme source de lumière, j'ai employé une étincelle qui jaillit en même temps que celle de l'oscillateur. Un système de deux lentilles formait une image de l'étincelle entre les deux condensateurs, des diaphragmes limitaient le faisceau à la largeur utile. On observait à travers l'analyseur avec une lunette mise au point sur l'ouverture de l'un des diaphragmes. Le polariseur et l'analyseur étaient des prismes de Glazebrook. Les condensateurs doivent avoir une faible capacité, car les ondes hertziennes de courte longueur mettent en jeu de faibles charges; les armatures étaient des bandes étroites de laiton, celles du condensateur à naphtaline bromée avaient 62^{mm} de long, 5^{mm} de large, leur distance était de $3^{mm},6$; celles du condensateur à sulfure de carbone avaient 80^{mm} de long, 5^{mm} de large, la distance qui correspondait au réglage pour les charges statiques était $2^{mm},1$.

Des expériences de comparaison du sulfure de carbone à d'autres liquides ont été faites en employant des condensateurs dont les dimensions dépendent de la grandeur des constantes de Kerr. J'ai essayé la benzine, le toluène, le cumène pur, le chloroforme, la naphtaline bromée, la nitrobenzine. Les deux derniers liquides ont des constantes de Kerr supérieures à celle du sulfure de carbone, la biréfringence s'y établit plus vite que dans ce dernier. Les trois premiers liquides ont une constante de Kerr plus faible que celle du sulfure de carbone; on trouve que la biréfringence s'y établit moins vite.

Le chloroforme a, d'après Schmidt ([1]), une constante de Kerr égale à

([1]) W. Schmidt, *Ann. der Physik*, 4e série, t. VII, 1902, p. 142.

celle du sulfure de carbone, mais de signe contraire; on obtient la compensation en employant deux condensateurs dont les armatures sont parallèles. Lorsqu'on passe des charges statiques aux charges oscillantes, on retrouve l'extinction en augmentant très peu, le $\frac{1}{200}$ environ, l'épaisseur du condensateur à sulfure de carbone.

Les résultats des expériences précédentes s'expliquent dans la théorie de l'orientation moléculaire développée par M. Langevin ([1]); d'après cette théorie l'orientation des molécules nécessite un temps de l'ordre du temps de relaxation de Maxwell. Cette orientation doit être d'autant plus rapide que le moment électrique de la molécule est plus grand; à égale inertie une aiguille de boussole atteint de même sa position d'équilibre dans un temps d'autant plus court que son moment magnétique est plus grand. La viscosité ne paraît pas intervenir pour une grande part dans la durée d'établissement de la biréfringence, c'est la grandeur de la constante de Kerr qui semble avoir le rôle prépondérant.

PHYSIQUE. — *Sur un microphotomètre destiné à la mesure de l'opacité des plaques photographiques.* Note de MM. **H. Buisson** et **Ch. Fabry**, présentée par M. Villard.

La plaque photographique, depuis longtemps employée à l'enregistrement de la forme des images optiques, peut aussi, mais plus difficilement, servir à la mesure de l'intensité d'un rayonnement (photométrie photographique). En dehors de ses avantages ordinaires, production de documents durables, enregistrement simultané d'un grand nombre de phénomènes, intégration de l'action en fonction du temps, la photographie présente encore celui de s'appliquer à des domaines inaccessibles à l'œil, ultraviolet et même commencement de l'infra-rouge.

Pour ces mesures d'intensité, on est amené à déterminer l'opacité produite après développement en différentes régions de la plaque photographique. Dans beaucoup de cas, la mesure doit porter sur des régions très étroites (raies spectrales). Ayant eu à faire de pareilles mesures au cours d'études sur l'absorption dans l'ultraviolet, nous avons construit un appareil qui offre, sur celui de Hartmann, l'avantage que les plages à comparer

([1]) P. Langevin, *Le Radium*, t. VII, 1910, p. 249.

photométriquement sont parfaitement uniformes au lieu de montrer l'image des grains d'argent de la couche photographique [1].

L'opération consiste à égaliser l'opacité inconnue avec celle d'une plaque à opacité dégradée suivant une loi connue (coin photométrique). Les faisceaux qui traversent les deux plaques proviennent d'une seule source, de façon à éviter toute cause d'erreur due aux variations accidentelles de l'intensité. La source de lumière est diaphragmée par une petite ouverture A, de 1^{mm} à 2^{mm} de diamètre, placée au foyer d'une lentille. Deux prismes à réflexion totale écartent, parallèlement à la direction primitive, une des moitiés du faisceau émergeant de la lentille; cette moitié traverse ensuite une lentille L_1 ($f = 8^{cm}$) qui forme dans son plan local une petite image de l'ouverture A. Sur cette image s'interpose le coin photométrique. Le faisceau traverse ensuite une seconde lentille L_2 identique à L_1, qui projette à environ 40^{cm} de distance une nouvelle image B de l'ouverture A; un cube de Lummer et Brodhun, placé immédiatement après L_2, est traversé directement par la lumière.

La seconde moitié du faisceau suit une marche analogue : une lentille L_3, identique aux précédentes, projette l'image de l'ouverture A sur le cliché à mesurer; une réflexion totale rend le faisceau perpendiculaire au premier, de manière qu'il puisse se superposer avec celui-ci après réflexion sur les parties réfléchissantes du cube de Lummer et Brodhun. Une lentille L_4 projette enfin une image de l'ouverture A qui se superpose à l'image B.

En résumé, on a en B deux images de A, identiques et en coïncidence, l'une formée par les rayons qui ont traversé le coin photométrique et passé à travers les parties transparentes du cube, l'autre par les rayons qui ont traversé le cliché à mesurer et se sont réfléchis sur les parties réfléchissantes du cube. Dans cette double image se trouvent aussi les images des portions de la plaque et du coin qui ont été découpées par les faisceaux. Le grain des plaques se trouve au point sur ces images finales.

On dispose alors en B un écran percé d'une très petite ouverture (quelques dixièmes de millimètre de côté). En plaçant l'œil derrière cette ouverture, on voit les deux plages du cube. Si l'opacité de la plaque et celle du coin sont égales, les plages photométriques ne se distingueront pas l'une de l'autre. On déplacera le coin jusqu'à ce que cet aspect soit obtenu. Comme on ne mesure jamais que des rapports d'opacité entre les différents points de la plaque, il importe peu que l'un des faisceaux ait subi, par réflexion ou autrement, un affaiblissement constant plus grand que l'autre.

L'ouverture qui diaphragme l'œil limite la partie utilisée de la double image B à une région très petite, qui correspond, sur la plaque et sur le coin, à deux régions plus petites encore. Les lentilles L_2 et L_4 donnant un grossissement d'environ 5, la

---

[1] M. Jules Baillaud a récemment décrit (*Comptes rendus*, 13 janvier 1913) un appareil qui présente le même avantage, avec des dispositifs analogues aux nôtres, mais qui répond à un but un peu différent.

portion utilisée de la plaque a moins de $0^{mm},1$ de côté, et par suite une surface inférieure à $0^{mm^2},01$.

On mesure donc l'opacité sur une très petite région de la plaque. Il importe de mettre exactement en place le point qu'on veut mesurer. La plaque est mobile dans deux directions rectangulaires grâce à deux glissières à angle droit. Il suffit d'enlever le diaphragme placé devant l'œil et d'examiner l'image B avec une loupe pour pouvoir amener en place la région à étudier; cette place est marquée par l'encadrement de quatre fils formant réticule, qui indiquent exactement la position de l'ouverture du diaphragme B.

Si le cliché à mesurer et le coin sont de même sorte (même nature de plaques, même développement), on peut opérer en lumière blanche; sinon les plages photométriques sont de teintes différentes, et il est bien préférable d'employer de la lumière monochromatique. Nous utilisons l'arc au mercure en isolant la radiation verte par des écrans convenables.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les spectres des nébuleuses et sur les analogies qu'on en peut tirer.* Note de M. **Jean Meunier**, présentée par M. Armand Gautier.

La similitude d'apparence que j'ai fait connaître [1] entre certains phénomènes de flamme et les nébuleuses m'a conduit à examiner les spectres de ces dernières.

La plupart des nébuleuses présentent des spectres continus. Ce genre de spectres caractérise l'incandescence obtenue dans les flammes par la combustion convergente [2], de même que l'incandescence par l'électricité : on ne peut donc pas baser une spécification sur de tels spectres. Il en est autrement des spectres de nébuleuses présentant des raies. Les principales raies indiquées dans les notices publiées depuis quelques années sur ce sujet, dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes*, sont les suivantes, exprimées en angströms, ou dixièmes de micron : 5007, 4959, 4861.5, puis 4688, 4481, 4472, 4388 et 3727.

La raie 4861.5 est formellement reconnue comme étant une raie de l'hydrogène, F solaire ; quant aux autres, l'attribution en est incertaine. Je

---

(1) *Comptes rendus*, t. 154, 29 avril 1912, p. 1156, et t. 155, 9 déc. 1912, p. 1243.
(2) *Comptes rendus*, t. 146, p. 539, 757, 864; t. 150, p. 781 et t. 152, p. 194 et 706.

ferai remarquer que 5007 coïnciderait avec une raie forte du titane qui se trouve dans le spectre solaire et qui a été notée 5006.6 par Angström et 5007.4 par Rowland ; la raie 4959 coïnciderait de même avec une raie forte du fer, solaire, 4956.7 (Angström) ou 4957.8 (Rowland).

La raie 4688 a été donnée par Rydberg, comme étant une raie de la série primaire de l'hydrogène, mais on a renoncé aujourd'hui à cette manière de voir, et à l'attribuer à l'hydrogène. Dans les premières notices de l'*Annuaire*, où il en est question, elle est écrite 4687.9, mais depuis quelques années ce nombre a été remplacé par 4685.9 : cette différence est-elle due à une erreur typographique ou à une correction ? Je ne puis le savoir; il me semble qu'elle peut être rapportée à une raie solaire assez forte du titane 4690 (Angström). La raie 4481 coïnciderait bien avec un groupe de raies solaires du fer, 4479.4 et 4481.9, comprenant entre elles la raie 4480.6 du Mg (Angström).

De même, les raies 4472 et 4388 correspondraient, la première à une raie solaire forte du titane, la deuxième, à une raie solaire très forte du fer, dégradée vers le violet, ces raies sont notées dans le spectre solaire 4468.5 et 4383.7. Il y a, il est vrai, pour l'une et pour l'autre, une différence de 4 unités d'angström, mais la distance des raies reste la même dans les deux mesures. On admettra facilement que cette différence peut être attribuée au repérage, si l'on considère que les spectres de nébuleuses ne peuvent être obtenus qu'avec une faible dispersion. Les différences entre les mesures des raies solaires par Angström et des mêmes par Rowland dépassent souvent 1 angström dans cette région du spectre, et cependant, peut-on trouver un spectre plus net et des observateurs plus précis? Enfin, la raie 3727 correspond exactement à la raie M solaire, attribuée au fer. Il y aurait par suite une analogie très grande entre le spectre du Soleil et celui de ces nébuleuses, et le principe qui sert de base aux théories cosmogéniques, et qui font dériver le système solaire d'une nébuleuse initiale, se trouverait ainsi physiquement établi.

On peut objecter toutefois que les nébuleuses en question étant gazeuses, les raies ci-dessus doivent être attribuées à des gaz, non à des éléments solides, comme le fer et le titane, puis que les raies de ces métaux ne se rencontrent pas dans les flammes. En effet, les flammes que nous obtenons dans les laboratoires ne les montrent généralement pas : mais ces raies ou des raies analogues s'observent dans les grandes flammes industrielles et spécialement dans celle du Bessemer qui, comme on le sait, jaillit d'une masse métallique incandescente. Le spectre de Bessemer est composé d'un assez grand nombre de raies, que Watts a mesurées, sans atteindre une limite de précision permettant de garantir plus de quelques angströms près.

Il assigne, par exemple, la longueur d'onde 5892 à la raie D, tandis qu'on admet aujourd'hui 5893 pour le milieu des raies D_1 et D_2. Une raie 656 microns environ, posséderait la même longueur d'onde que C solaire attribuée à l'hydrogène; à $646^{\mu\mu}$, il a observé une raie, parfaitement séparée comme la précédente, qui correspondrait à une forte raie solaire du Ca. L'hydrogène dans la flamme du Bessemer est dû à l'hydrogène occlus se dégageant de la masse métallique incandescente et à la réduction de la vapeur d'eau contenue dans l'air injecté. Outre la raie D du Na, Watts donne dans son Tableau les longueurs d'onde de trois autres raies solaires attribuées au Na; il en est ainsi pour le Ca, puis il indique formellement la raie E solaire qu'il écrit 5269 (au lieu de 5270,5), comme étant une raie forte du Bessemer. Je ne puis ici examiner en détail les données numériques du Tableau de Watts; je ferai seulement remarquer que les raies qu'il a mesurées dans la flamme du Bessemer et qu'il a attribuées au fer se retrouvent dans le spectre solaire à l'état de raies fortes ou de raies doubles. L'avant-dernière raie de son Tableau, pour laquelle il n'a fait aucune attribution, aurait, d'après lui, la longueur d'onde 4383 ([1]) et serait précisément la raie très forte du fer, dont il est question ci-dessus, présente dans le Soleil et dans les nébuleuses.

Quelques raies parmi celles mesurées par Watts se rapprocheraient de certaines raies du titane; le fait n'est pourtant pas assez net pour qu'on puisse conclure à la présence du titane, en proportion quelque peu notable, dans la fonte examinée. Les laves et les produits volcaniques d'origine profonde contiennent du fer et du titane, comme si ces deux métaux étaient conjugués dans les couches du noyau terrestre. Ces rapprochements de spectres suggèrent beaucoup d'autres aperçus nouveaux sur lesquels je ne puis insister; je signalerai simplement que les nombreuses étoiles formant la série spectroscopique M d'Harvard, parmi lesquelles se trouve Bételgeuse d'Orion, est caractérisée par des spectres de bandes attribuées aujourd'hui au titane.

La conclusion sur laquelle j'insiste, c'est que le fer et le titane peuvent exister dans les flammes absolument gazeuses qui se développent dans des conditions physiques comparables à celles qui existeraient à la surface du Soleil et dans le noyau des nébuleuses, comme des apparences si caractéristiques portent à l'admettre.

En outre, la production de leurs raies spectrales par des flammes démontre, *ipso facto*, l'existence du comburant, l'oxygène, sans doute, aussi bien que celle du combustible, dans les milieux cosmiques où se produisent les spectres.

([1]) Cette raie se trouve précisément dans la portion du spectre, assez restreinte, qui est le mieux accessible à la vision directe et à la photographie; or le spectre du Bessemer a été déterminé par vision directe, celui des nébuleuses par la photographie avec exposition prolongée.

CHIMIE. — *Sur les réactions qui accompagnent l'osmose de l'hydrogène à travers le fer.* Note de MM. G. **Charpy** et S. **Bonnerot**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Pour continuer l'étude de l'osmose de l'hydrogène à travers le fer, dont nous avons déjà signalé certaines particularités dans une Note présentée à l'Académie le 26 février 1912, nous nous sommes proposé de rechercher si le métal était modifié par le passage du gaz.

Nous avons d'abord constaté que le fer, lorsqu'il est traversé par un courant prolongé d'hydrogène, n'absorbe pas de quantité notable de ce gaz, de sorte que le volume gazeux qu'on peut en extraire en le chauffant dans le vide est généralement inférieur à celui qu'on obtenait sur le même métal avant osmose.

Parmi les expériences qui nous ont permis de vérifier ce résultat, nous citerons les suivantes :

a. Un tube de 5^{mm} d'épaisseur, obtenu en forant une barre d'acier doux, a été chauffé dans l'hydrogène à 600°. L'intérieur du tube était mis en communication avec une pompe à mercure permettant d'extraire les gaz qui avaient traversé les parois. Après 210 heures de chauffage, on avait recueilli 72^{cm^3} de gaz. On a alors arrêté l'expérience et prélevé, sur le fond du tube, de la limaille qui a été chauffée à 600° dans le vide: nous avons pu extraire ainsi seulement $0^{cm^3},04$ de gaz par gramme de métal; le même métal chauffé pendant le même temps dans l'hydrogène, mais non traversé par ce gaz, donnait, dans les mêmes conditions, $0^{cm^3},07$ de gaz par gramme de métal.

b. Dans un essai effectué à froid en produisant l'osmose de l'hydrogène électrolytique, nous avons obtenu des résultats de même ordre, c'est-à-dire que le volume de gaz extrait du métal soumis à l'osmose était inférieur au volume extrait de métal primitif. Le métal employé formait la paroi d'une boîte de 5^{mm} d'épaisseur, employée comme électrode, et à l'intérieur de laquelle l'hydrogène s'accumulait. Quand l'expérience a été interrompue par la rupture de la soudure reliant la boîte à un manomètre, la pression intérieure avait atteint 26^{atm}. Des copeaux, prélevés dans le métal ainsi saturé d'hydrogène, ont laissé dégager, à 900°, dans le vide, $0^{cm^3},72$ par gramme, alors que le métal primitif dégageait, dans les mêmes conditions, $0^{cm^3},85$.

Ces résultats nous conduisent à considérer que les fers et aciers, manipulés sans précautions spéciales au contact de l'air, sont généralement saturés d'hydrogène. Ceci s'explique aisément si l'on réfléchit que, toutes les fois que le métal est chauffé au contact de l'air, il y a production continue d'hydrogène à la surface par réaction de la vapeur d'eau contenue dans l'air et que l'hydrogène naissant pénètre immédiatement dans le métal avec

une vitesse qui augmente rapidement avec la température. On doit donc s'attendre à ce que les propriétés du métal ne soient pas modifiées sensiblement par l'osmose de l'hydrogène et c'est ce que nous avons vérifié en prélevant dans nos tubes des fragments qui ont servi à effectuer des essais de dureté par la méthode de Brinnell, des essais de fragilité par flexion de barreaux entaillés et qui ont été soumis à l'examen microscopique.

Si cependant on prolonge beaucoup le passage du gaz à travers le métal, on constate que celui-ci s'adoucit peu à peu; ceci tient à ce que l'hydrogène exerce une action réductrice sur certains corps contenus dans le métal et en entraîne les constituants à l'état d'hydrures. Nous avons constaté dans ces gaz la présence de phosphure et de sulfure d'hydrogène; la désulfuration est particulièrement rapide; dans l'acier doux cité au début de cette Note, la teneur en soufre, qui était primitivement de 0,048, était tombée, après osmose, au-dessous de 0,005. On observe presque toujours aussi, dans le gaz qui a traversé un métal ferreux, une certaine proportion d'oxyde de carbone; nous attribuons la production de ce gaz à l'action de l'hydrogène sur les corps oxydés contenus dans l'acier, la vapeur d'eau formée réagissant ensuite sur le carbone ou le carbure de fer.

Enfin on y trouve aussi des carbures d'hydrogène provenant de l'action directe de l'hydrogène sur le carbure de fer. Cette action réductrice est déjà très nette à 700° et s'accentue rapidement à mesure que la température s'élève. Voici, à titre d'indication, quelques chiffres obtenus avec un tube d'acier à 0,9 pour 100 de carbone, de $3^{mm},5$ d'épaisseur, essayé dans les conditions indiquées plus haut, à différentes températures. A 500°, il passait seulement $0^{cm^3},07$ par heure de gaz d'hydrogène pur; à 700°, on obtenait $0^{cm^3},30$ à l'heure de gaz contenant 3 pour 100 environ de formène [1]; à 800°, $0^{cm^3},90$ à l'heure, et enfin à 900°, $2^{cm^3},3$ à l'heure de gaz contenant un peu plus de 4 pour 100 de formène.

On peut donc soumettre un métal solide à un véritable lavage en le faisant traverser par un courant d'hydrogène, et éliminer ainsi les dernières traces de certaines impuretés. Ce procédé de purification pourrait être utilisé dans certains cas particuliers; mais l'intérêt de ces réactions nous paraît surtout consister en ce qu'elles se produisent forcément, par le jeu même des solubilités, dans les métaux ferreux soumis à des échauffements et refroidissements successifs.

---

[1] La vitesse de passage est beaucoup moindre avec le métal carburé qu'avec le métal doux.

Si l'on rapproche ces résultats de ceux que nous avons signalés précédemment et qui nous conduisaient à attribuer aux gaz, en général, et à l'hydrogène, en particulier, le principal rôle dans la cémentation du fer par le carbone solide, il semble possible d'admettre que l'hydrogène intervient également dans les déplacements du carbone à l'intérieur du métal. A côté des gaz occlus proprement dits, sur le compte desquels on est d'ailleurs loin d'être fixé, l'hydrogène joue donc un rôle très particulier dans l'acier, puisqu'il peut être absorbé ou éliminé au cours des manipulations que subit le métal dans l'élaboration des divers produits métallurgiques; qu'il est toujours présent, très actif chimiquement, et qu'il se déplace librement à l'intérieur du métal solide. L'influence de ce gaz, qui est généralement négligée, doit donc être prise en considération dans l'étude des transformations de l'acier et nous paraît, dès maintenant, susceptible d'expliquer certaines anomalies d'après des expériences dont nous poursuivons l'achèvement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des sulfites alcalins sur les acides éthyléniques.* Note de MM. **J. Bougault** et **Mouchel-la-Fosse**, présentée par M. A. Haller.

Les travaux sur l'action des sulfites alcalins sur les acides éthyléniques sont peu nombreux (bien que les premiers soient de date très ancienne) et n'intéressent qu'un très petit nombre d'acides. Ils sont dus surtout à Strecker et à ses élèves et visent uniquement l'obtention de dérivés sulfonés.

Nous avons repris cette question à un point de vue un peu différent, et, sans négliger complètement la préparation des dérivés sulfonés auxquels nous a conduits notre étude, nous nous sommes attachés surtout au côté analytique de la réaction.

I. L'un de nous [1] a fait l'observation suivante, point de départ de ce travail: lorsqu'à une solution de sulfite neutre (ou de bisulfite) de sodium, on ajoute de l'acide benzoylacrylique, celui-ci se dissout et *fixe instantanément une molécule de bisulfite de sodium*, en donnant un composé sulfoné, d'où l'on peut facilement régénérer l'acide benzoylacrylique.

Il était indiqué, à la suite de cette expérience, de comparer l'activité des différents types d'acides éthyléniques vis-à-vis du sulfite de sodium.

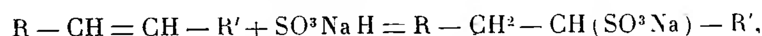
---

[1] J. Bougault, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. XV, 1908, p. 299.

Dans nos essais les acides à étudier sont chauffés au bain-marie bouillant avec une solution de sulfite neutre de sodium, jusqu'à combinaison totale. Une expérience témoin avec du sulfite seul permet d'apprécier, par titrage à l'iode, combien de SO^3NaH a été fixé par l'acide en expérience.

Voici les principales conclusions qui ressortent de nos essais :

1° Un grand nombre d'acides éthyléniques se combinent au bisulfite de sodium pour donner les sels de sodium d'acides sulfonés, par fixation de SO^3NaH sur la liaison éthylénique



$$R - CH = CH - R' + SO^3NaH = R - CH^2 - CH(SO^3Na) - R',$$

ainsi que l'ont montré Strecker et ses élèves pour les quelques acides qu'ils ont étudié.

2° La fixation de SO^3NaH est d'autant plus facile et rapide que l'acide éthylénique est plus énergique, contient plus de groupements électronégatifs.

Ainsi, l'acide benzoylacrylique $C^6H^5 - CO - CH = CH - CO^2H$ fixe SO^3NaH à froid, instantanément. Les acides fumarique, maléique, itaconique, citraconique réagissent assez rapidement à chaud. L'acide paraoxycoumarique et la coumarine fixent SO^3NaH plus facilement que l'acide cinnamique; et ce dernier, plus facilement que ses homologues, les acides α et β-méthyl-cinnamiques, etc.

A remarquer que l'acide cyclogéranique qui, d'ailleurs, est un acide très faible, ne se combine pas au bisulfite de sodium, même après 30 heures de chauffage. Il en est de même des acides undécylénique et oléique, et en général des acides à longue chaîne aliphatique.

3° Les acides sulfonés obtenus sont tous très solubles dans l'eau, même lorsqu'ils dérivent d'acides insolubles. D'autre part, l'action des acides et des alcalis n'en régénère qu'avec peine l'acide primitif. Le mieux est de chauffer avec de la soude aqueuse à 160°.

4° Il est à peine besoin de faire remarquer que les acides saturés restent inaltérés dans les conditions de nos expériences.

II. Au point de vue des conséquences analytiques à tirer de ces faits, nous pouvons citer les suivantes :

1° On peut titrer approximativement un acide éthylénique (parmi ceux qui réagissent sur le sulfite de sodium) à l'état de mélange avec des acides saturés. On chauffe une partie du mélange avec une solution de sulfite de sodium, et l'on titre, après un temps convenable, la quantité de sulfite

combiné (par comparaison avec un tube témoin contenant seulement la solution de sulfite).

2° On peut séparer avec une grande précision les acides saturés des acides éthyléniques se combinant avec le sulfite de sodium.

La précision ne dépend que de la facilité avec laquelle on peut isoler l'acide saturé d'une solution aqueuse de sulfite de sodium.

On retrouve ainsi très facilement 1^{cg} ou 2^{cg} d'acide benzoïque mélangés à 1^{g}, ou plus, d'acide cinnamique.

On peut séparer avec la même facilité et la même précision la vanilline de la coumarine, l'acide protocatéchique de l'acide caféique, etc.

BOTANIQUE. — *Le tégument séminal et les trachées nucellaires des Thyméléacées.* Note de M. **Paul Guérin**, présentée par M. Guignard.

Dans les ovules bitégumentés, on sait que, sauf de rares exceptions, le tégument externe est seul vascularisé, tandis que le tégument interne demeure totalement parenchymateux. Quant au nucelle, tous les auteurs ont été unanimes jusqu'ici à le considérer, au moins chez les Angiospermes, comme dépourvu de vaisseaux. Tel n'est pas le cas, cependant, chez certaines Thyméléacées, ainsi qu'il résulte des recherches que nous poursuivons en ce moment sur la structure de l'ovule et de la graine des représentants de cette famille [1].

Les modifications que subit l'ovule, au cours de son développement en graine, sont indispensables à connaître pour mieux saisir l'origine des trachées que nous avons rencontrées, chez ces plantes, en dedans de l'enveloppe séminale.

Dans les Thyméléacées, où l'ovule est anatrope, les cellules du tégument externe, formant 4 à 5 assises, ne subissent aucun changement appréciable; le tégument interne, généralement plus épais, est seul le siège de transformations importantes. Les cellules de son assise externe s'allongent radialement et se sclérifient (c'est à elles que la graine doit sa dureté), tandis que celles de son assise interne, voisine du nucelle, offrent de très bonne heure, sur leurs parois, des bandes d'épaississement disposées en réseau. En raison de ce fait, nous désignerons désormais cette assise sous

(1) L'étude de la structure et du développement de la graine, chez les Thyméléacées, n'avait été faite jusqu'à présent que chez les *Daphne*, par Beauregard (*Bull. Soc. bot. Fr.*, t. XXIV, 1877, p. 385-387, 1 pl.). Nos observations personnelles s'étendent actuellement à près de 20 genres.

le nom d'*assise réticulée*. Entre ces assises externe et interne, dont les caractères communiquent au tégument séminal des Thyméléacées une structure toute spéciale, les autres cellules, restées parenchymateuses, sont plus ou moins aplaties et désorganisées.

Le tissu du nucelle, très épais à l'origine, se détruit progressivement, du centre vers la périphérie, pendant le développement de l'embryon. Il se trouve réduit, dans la région équatoriale de la graine, à une couche de cellules fortement écrasées, accolée extérieurement au tégument séminal et en dedans au tissu cotylédonaire, l'albumen primitivement formé ayant complètement disparu, dans la plupart des cas.

Or, c'est précisément dans ces restes du nucelle que nous avons rencontré, au voisinage de l'assise réticulée, de très nombreuses trachées, isolées ou par groupes de 2 à 6, sur tout le pourtour de la graine du *Synaptolepis retusa* H.-H.-W. Pearson.

En raison même de la différenciation si marquée de l'assise la plus interne du tégument séminal (assise réticulée), il ne pouvait y avoir de doute sur l'origine nucellaire de la couche pourvue des trachées en question. Des coupes pratiquées sur des ovules nous ont d'ailleurs permis de confirmer cette manière de voir. Dès la base de l'ovule, le nucelle est nettement distinct du tégument ovulaire interne. Or, dans les couches sous-jacentes à l'épiderme de ce nucelle, on peut fort bien observer les petits groupes de trachées qui, dans la graine mûre, occuperont forcément, après digestion des couches nucellaires plus profondes, la place que nous avons indiquée précédemment.

Ces trachées peuvent être suivies facilement dans leur course longitudinale, d'une extrémité à l'autre de la graine. Lorsqu'on veut séparer l'embryon de l'enveloppe séminale, on entraîne avec lui, sous forme d'une mince pellicule, l'*assise réticulée*, à la surface interne de laquelle adhèrent les trachées. En examinant à plat cette pellicule, on peut ainsi, sans aucun artifice de préparation, embrasser dans son ensemble le système trachéal, avec ses ramifications et ses anastomoses, plutôt rares, il est vrai. Il nous a été permis, dans ces conditions, de compter jusqu'à 150 trachées à la périphérie d'un embryon de *Synaptolepis retusa* mesurant 6^{mm} de diamètre.

Le *S. retusa* n'est pas seul à offrir, chez les Thyméléacées, les particularités que nous venons d'exposer. Il n'est pas douteux, en effet, que l'on doive rapporter au nucelle les nombreuses trachées que nous avons rencontrées entre le tégument séminal et le tissu cotylédonaire chez plusieurs *Dicranolepis* et le *Craterosiphon scandens* Engl. et Gilg. (1).

(1) Nous devons ces diverses espèces, toutes de l'Afrique tropicale, à l'obligeance de M. Aug. Chevalier et de M. le professeur Engler, de Berlin, que nous sommes heureux de remercier ici.

Chez les *Peddiea africana* Harv. et *Daphnopsis Swartzii* Meissn., les trachées venant du raphé s'étendent, une fois parvenues dans la région chalazienne, sur un très faible parcours en dedans du tégument interne de l'ovule. A cet égard, ces espèces sont intéressantes à signaler comme constituant un terme de passage entre les précédentes d'une part, et la majorité des Thyméléacées d'autre part, chez lesquelles il n'y a jamais d'éléments vasculaires dans le nucelle.

Par leurs très grandes dimensions et leur situation, les trachées nucellaires des Thyméléacées se distinguent nettement des trachéides des *Casuarina* signalées par Treub ([1]) et surtout de celles des *Castanea* mentionnées par Miss Benson ([2]). Ces trachéides sont, en effet, peu allongées et localisées dans la région centrale du nucelle, au voisinage du sac embryonnaire.

Alors même qu'on voudrait voir dans ces trachées une analogie avec le système vasculaire interne de l'ovule de quelques-unes de nos Gymnospermes ([3]), elles n'en constitueraient pas moins, en tout cas, un fait absolument nouveau dans le domaine de nos connaissances actuelles sur l'organisation anatomique de l'ovule et de la graine des Angiospermes.

Sans émettre sur leur rôle la moindre hypothèse, nous estimons personnellement que les trachées nucellaires des Thyméléacées ne peuvent être mieux comparées qu'au manteau trachéal nucellaire de certaines Cycadofilicales du permo-carbonifère (*Stephanospermum akenioides*, *Trigonocarpum Parkinsonii*, *Polylophospermum*) ([4]).

En résumé, il existe chez certaines Thyméléacées (*Synaptolepis*, *Dicranolepis*, *Craterosiphon*), à la périphérie du nucelle, de très nombreuses trachées, vestiges, semble-t-il, d'une structure très ancienne, aujourd'hui disparue. Isolées ou par groupes, parfois d'une douzaine, ces trachées se retrouvent dans la graine, qu'elles parcourent d'une extrémité à l'autre, entre le tégument séminal et l'embryon.

([1]) M. Treub, *Ann. Jard. bot. Buitenzorg*, X, 1891, p. 70.

([2]) Margaret Benson, *Trans. Linn. Soc.*, London, Bot., 3 : 1888-1894, p. 412.

([3]) Chez les Gymnospermes actuelles, le nucelle ne se trouve nettement distinct du tégument ovulaire qu'au sommet et sur une faible étendue. Aussi l'accord est-il difficile à s'établir entre les auteurs, sur la question de savoir à laquelle de ces deux régions appartiennent les éléments vasculaires qui parcourent cette zone commune de l'ovule.

([4]) Oliver a montré (*New Phytologist*, 3, 1904 : p. 96-104, pl. 2 et *Trans. Linn. Soc.* London, Bot., 6 : 1904, p. 361-400, pl. 41-44) que, dans ces espèces fossiles, où le tégument est distinct, dès la base, du corps de l'ovule, un véritable manteau de trachées revêt la région périphérique du nucelle et vient même tapisser les parois de la chambre pollinique. Le rôle des éléments trachéens serait d'amener de l'eau dans cette chambre, pour faciliter la germination du pollen.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la fragilité du sexe mâle.* Note de MM. **A. Pinard** et **A. Magnan**, présentée par M. Edmond Perrier.

Les statisticiens admettent actuellement comme démontré que, dans l'espèce humaine, les garçons meurent en plus grande quantité que les filles, aussi bien pendant la vie intra-utérine que pendant la vie à la lumière. Ce fait leur semble facile à expliquer par l'hypothèse d'une plus grande fragilité du sexe mâle.

Nous avons voulu rechercher la valeur de cette opinion en consultant les documents que possède la clinique Baudelocque et qui ont été recueillis de 1891 à 1911 :

	Nombre de fœtus morts à la clinique.		Nombre d'enfants morts après la naissance.		Nombre de fœtus morts pendant le travail.		Nombre de fœtus morts pendant la gestation.	
Années.	Garçons.	Filles.	Garçons.	Filles.	Garçons.	Filles.	Garçons	Filles.
1891....	88	72	42	28	23	16	23	28
1892....	76	62	41	19	18	12	17	31
1893....	60	62	33	32	9	7	18	23
1894....	76	58	44	19	12	8	20	31
1895....	111	84	56	34	18	9	37	41
1896....	94	70	40	22	21	18	33	30
1897....	83	83	22	29	25	13	36	41
1898....	90	86	40	37	28	15	22	34
1899....	92	80	52	24	19	22	21	34
1900....	92	78	51	36	14	16	27	26
1901....	124	80	61	33	18	14	45	33
1902....	90	74	45	31	13	16	32	27
1903....	96	103	38	46	20	25	38	32
1904....	95	89	36	30	23	19	36	40
1905....	117	68	58	24	31	21	28	23
1906....	112	75	45	32	25	14	42	29
1907....	98	84	32	37	32	14	34	33
1908....	134	93	52	31	44	34	38	28
1909....	112	81	38	38	30	24	44	19
1910....	112	94	41	32	44	34	27	28
	1952	1576	867	614	467	351	618	611

Dans le Tableau ci-dessus nous donnons le nombre des fœtus et des enfants morts à la clinique pendant ces 20 années sur 52689 accouchements. Mais cette série comprend tous les fœtus morts depuis le début de la gestation jusqu'à la sortie des mères, en général de 6 à 11 jours après l'accouchement. Or les causes de mort des fœtus sont variables, et il était nécessaire de les envisager toutes. Nous avons fait alors des séries plus circonstanciées constituées par les fœtus morts :

1° pendant la gestation (pendant la première vie);
2° pendant le travail;
3° après la naissance à la lumière.

Il apparait très nettement, si l'on considère l'ensemble des enfants, qu'il meurt à la clinique Baudelocque beaucoup plus de garçons que de filles. Le fait est réel puisque pour les séries annuelles il n'y a que deux petites exceptions. Si nous examinons les séries plus circonstanciées, on se rend compte que, pour les fœtus morts pendant le travail et pour les enfants qui nés vivants sont décédés dans les quelques jours que la mère est obligée de rester à la clinique, le nombre des garçons est très supérieur à celui des filles.

Si nous prenons maintenant les fœtus morts pendant la gestation, on s'aperçoit que, pour chaque année, les garçons sont tantôt en plus grand nombre, tantôt en plus petit nombre. *Leur mortalité n'est pas supérieure à celle des filles.*

Il ne meurt donc plus de garçons que seulement pendant et après l'accouchement. Il restait à rechercher la cause de ce fait.

Nous avons alors pensé à examiner le poids de ces fœtus:

Sans aucune discussion les garçons sont plus pesants que les filles et ces différences de poids suffisent à expliquer la mortalité plus intense des garçons.

Le fœtus en effet, pendant l'accouchement, souffre en ce sens qu'il doit résister à un trauma très énergique. Or c'est pendant le travail que ce trauma est presque le seul facteur qui puisse être funeste pour la vie du fœtus. Les garçons plus gros subissent une compression plus intense pendant le passage dans les voies génitales; ils résistent alors moins bien. Ils meurent pendant le travail ou nés vivants, mais en état de moindre résistance, ils succombent rapidement s'ils ne peuvent remonter leur état général.

Années.	Enfants morts pendant le travail.				Enfants morts après la naissance.			
	Nombre		Poids moyen		Nombre		Poids moyen	
	de garçons.	de filles.	des garçons.	des filles.	de garçons.	de filles.	des garçons.	des filles.
1891...	23	16	2400 g	2372 g	42	28	2506 g	2085 g
1892...	18	10	2636	2813	38	19	2556	1944
1893...	7	7	3184	2744	33	32	2131	2264
1894...	12	8	2558	3190	31	15	1969	2041
1895...	18	7	2616	1800	56	33	2331	2260
1896...	21	18	2943	2415	40	20	2251	2250
1897...	24	11	3007	2440	21	28	1955	2076
1898...	28	15	2838	2942	40	34	2121	2061
1899...	19	22	2458	2513	51	24	2291	2225
1900...	14	16	3171	2576	51	36	2218	2080
1901...	18	12	2790	2601	61	33	2384	1901
1902...	12	16	2939	2423	45	30	2508	1878
1903...	19	25	3077	2622	37	44	2174	2315
1904...	23	19	2807	2848	35	29	2159	1935
1905...	31	21	2687	2180	57	21	2135	2193
1906...	23	12	2739	2831	37	32	2056	2044
1907...	29	12	3342	2803	32	37	2011	2046
1908...	27	30	2944	2568	48	23	2326	2038
1909...	31	16	2059	1910	37	38	2255	1615
1910...	44	34	2386	2267	41	32	1863	1556
	441	327	2779	2542	833	588	2209	2040

Comme conclusion, nous dirons qu'il ne meurt pas, *pendant la gestation*, c'est-à-dire pendant la première vie, plus de garçons que de filles. Il meurt par contre beaucoup plus de garçons pendant l'accouchement et dans les quelques jours qui suivent, non parce que le sexe mâle est le plus fragile, mais par suite du plus gros poids des garçons qui ressentent de ce fait le traumatisme obstétrical de façon plus énergique. C'est contre ce trauma obstétrical que lutte depuis 20 ans Pinard, avec l'espoir, en raison des résultats déjà acquis, de l'amoindrir le plus possible.

ZOOLOGIE. — *Sur une nouvelle observation de Crabes habitant les coquilles vides des Balanes.* Note (1) de M. **J.-G. de Man**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

C'est à M. A.-E. Malard-Duméril, chef des Travaux scientifiques au Laboratoire de Tatihou, que nous sommes redevables de cette observation intéressante. Un navire était arrivé à Saint-Vaast-la-Hougue, venant de Madagascar; sa coque était couverte de Balanes appartenant, selon M. Gruvel, à la variété *communis* et à la variété *zebra* du bien connu *Balanus tintinnabulum* L. M. Malard fit la découverte que chaque Balane vide était habitée par un petit Crabe vivant, qui en avait pris possession. Il envoya un certain nombre de ces Crabes à M. le professeur E.-L. Bouvier : douze étaient encore dans les Balanes, tandis que les autres, au nombre de 62, avaient été retirés de ces coquilles, qui sont fort encombrantes. A l'exception d'une douzaine de très petite taille, ces Crabes appartenaient tous à la même espèce. M. Bouvier eut la bonté de me soumettre une huitaine de ces derniers, dont deux se trouvent encore dans les Balanes, ainsi que les douze petits individus qui appartiennent à d'autres espèces.

Je me souvins aussitôt d'avoir vu jadis l'espèce à laquelle la grande majorité de ces Crabes appartiennent.

Cette espèce fut décrite par Mlle Rathbun, en 1893, sous le nom de *Menippe convexa* Rathb., avec laquelle la *Menippe Ortmanni* de Man, 1899, est identique, comme je crois pouvoir l'affirmer. Le fait remarquable que cette espèce habite la coquille vide des Balanes était sans doute encore ignoré. La *Menippe convexa* Rathb., en effet, n'était connue jusqu'ici que par une femelle adulte mal conservée provenant de Honolulu, par un mâle beaucoup plus jeune qui a été capturé dans un filet de pêcheur à Koh-Kong, sur la côte orientale du golfe de Siam, enfin par la femelle adulte et en bon état qui a servi de type pour ma description de la *Menippe Ortmanni* et qui a été recueillie à Sanggau sur le Kapoeas, à peu près à 200km de son embouchure, dans l'intérieur de Bornéo.

En aucun de ces cas il n'était question de Balanes. Peut-être cependant la femelle adulte de Honolulu fut-elle retirée d'une Balane, ce qui pourrait expliquer son mauvais état de conservation. A Sanggau il n'y a probablement pas de Balanes, mais des navires ou des barques peuvent les y apporter de la mer, avec le Crabe. Le plus grand des 60 exemplaires de la *Men. convexa*

(1) Présentée dans la séance du 27 janvier 1913.

est une femelle adulte, dont la carapace est large de $24^{mm},5$, tandis que celle du plus petit, un mâle, est large de $7^{mm},5$. Nous voyons donc que l'animal entre jeune dans les coquilles. M. Bouvier suppose qu'il se loge tout d'abord dans les coquilles vides et qu'ensuite il vit en faisant carnage des Cirrhipèdes qui habitent les autres. En effet, ayant examiné les coquilles occupées, il a constaté qu'elles avaient pour voisines d'autres coquilles *souvent* vides et presque toujours plus petites; d'autre part, dans certaines coquilles habitées, on observe encore des restes de la membrane operculaire du Cirrhipède, ce qui prouve que la coquille a été récemment vidée.

Plusieurs questions se posent relativement à ce phénomène remarquable. En premier lieu est-ce que ces Ménippes ont généralement l'habitude de passer leur vie dans les Balanes ou les coquilles ne sont-elles occupées qu'accidentellement? Est-ce que les Crabes passent leur vie entière dans les Balanes ou seulement une certaine période? Les Crabes occupent-ils les Balanes lorsque leurs coquilles sont déjà vides, ou est-ce que les Cirrhipèdes sont attaqués à l'état vivant, de façon que ces petits matois seraient obligés de tuer les Balanes et d'en dévorer une partie? A quel âge les Ménippes prennent-elles possession des coquilles et quelle est leur nourriture quand les Balanes sont dévorées?

La supposition que ces Ménippes passent généralement leur vie entière dans les Balanes est peut-être rendue probable par la grande rareté de cette espèce qui est restée inconnue jusqu'en 1893. L'espèce la plus voisine de la *Men. convexa* Rathb. est la *Men. Panope* (Herbst) (voir J.-G. de Man, *Notes from the Leyden Museum,* t. XXI, 1899, p. 60-67), qui n'est connue que par le type unique de Herbst, une femelle provenant de Tranquebar et conservée au Musée de Berlin : aucun autre exemplaire n'a été retrouvé depuis, autant que je sache. Il me semble donc vraisemblable que la *Men. Panope* se cache de la même manière dans une Balane ou dans quelque autre coquille.

Les douze individus de petite taille, qui se trouvaient mêlés aux Ménippes retirées de leurs coquilles, appartiennent à quatre espèces dont, fait curieux, deux me semblent nouvelles. Ce sont : 1° trois jeunes mâles du *Leptodius Voeltzkowii* Lenz, 1905 ; 2° un jeune mâle du *Pilumnus longicornis* Hilgd., dont la carapace est large de $11^{mm},5$; 3° sept exemplaires (2 ♂, 5 ♀) du *Pilumnus Malardi* n. sp., espèce voisine du *Pil. semilanatus* Miers du détroit de Torrès, mais ayant la carapace plus élargie et les pinces plus inégales et à granulations beaucoup plus serrées ; 4° une femelle du *Pil. truncato-spinosus* n. sp., espèce probablement de petite taille, à front bilobé,

à trois dents aiguës en arrière de l'angle extra-orbitaire, dont la carapace porte en dessus un tubercule conique auprès des dents du bord antéro-latéral et dont les pattes antérieures sont armées d'épines partie spiniformes et aiguës, partie tronquées (¹). Ces douze petits Crabes ont évidemment profité des Balanes de la même manière que les Ménippes, mais il reste à savoir si ces quatre espèces ont, comme la *Men. convexa*, l'habitude de se loger dans les coquilles des Balanes.

Ce fait remarquable et curieux, que les coquilles vides des Balanes sont habitées par des Crabes qui en ont pris possession, n'est cependant pas nouveau : le *Pilumnus Dehaanii* Miers, en effet, a été décrit, en 1879, d'après un seul exemplaire, une femelle, qui a été trouvée dans la coquille d'une espèce de *Balanus* recueillie dans le golfe de Yedo (Japon) (E.-J. Miers, *Proc. Zool. Soc. London*, 1879, p. 32), mais c'est le seul cas qui soit venu à ma connaissance.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Essais de substitution du glucinium au magnésium et au zinc pour la culture du* Sterigmatocystis nigra *V. Tgh.* (Aspergillus niger *V. Tgh.*). Note de M. M. **Javillier**, présentée par M. Em. Roux.

J'ai indiqué dans une précédente Note (²) quelles idées théoriques m'ont conduit à rechercher s'il existe quelque élément chimique susceptible de remplacer intégralement le zinc pour la culture de l'*Aspergillus niger*, c'est-à-dire capable, toutes autres conditions égales, de faire atteindre à la plante un poids aussi élevé en un même temps, constituant, en un mot, un catalyseur aussi puissant que le zinc.

L'expérience m'a conduit à écrire : « A des concentrations comprises entre le *millionième* et le *dix-millionième*, concentrations qui avec le zinc suffisent, et au delà, à obtenir le maximum de récolte, aucun des éléments expérimentés ne produit d'effets comparables à ceux du zinc. *A ces dilutions*, certains se montrent parfaitement indifférents.... Avec d'autres, les différences en plus ou en moins, même quand elles dépassaient sûrement les limites d'erreurs expérimentales, restaient très petites.... Un seul élément a présenté quelque analogie avec le zinc : le cadmium.... »

(¹) Une description détaillée de ces espèces, avec des figures, sera donnée plus tard.

(²) *Comptes rendus*, t. 155, 23 décembre 1912, p. 1551.

Malgré la récente Note de M. Lepierre (¹), je n'ai rien à changer aux faits expérimentaux que j'ai énoncés. Ce qui provoque surtout la réplique de cet auteur, c'est le caractère de spécificité que j'ai attribué au zinc comme catalyseur biologique dans le cas de l'*Aspergillus*. Il est clair qu'il ne pouvait s'agir d'une spécificité absolue, mais relative, puisque je signale moi-même l'analogie entre l'action du cadmium et celle du zinc, analogie qui marche de pair avec l'analogie de ces deux métaux au point de vue chimique. Ce qui nous sépare sur ce point, ce n'est donc pas une notion d'ordre qualitatif, mais quantitatif (²). Il est probable que cette divergence trouvera son explication dans des expériences que je poursuis actuellement.

Ce n'est pas seulement le cadmium qui peut remplacer le zinc, mais, suivant M. Lepierre, d'autres éléments, entre autres le glucinium, d'après la Note préliminaire lue à la Société chimique le 24 janvier dernier (³). Or j'avais moi-même expérimenté le glucinium qui se trouve implicitement visé dans ma Note du 23 décembre, car ce métal n'est pas de ces « éléments rarissimes » que je signale n'avoir pas été essayés en raison même de leur rareté. Il est évident que si j'avais considéré le glucinium comme un catalyseur particulièrement actif, je n'aurais pas manqué de signaler un fait susceptible d'atténuer dans une certaine mesure mes conclusions générales.

Eh bien, il n'en est rien : dans mes expériences, le glucinium n'a pas produit sur l'*Aspergillus* d'effets marqués. Au reste, et c'est la raison pour laquelle je ne m'étais pas arrêté spécialement sur le glucinium dans ma précédente Note, j'avais envisagé la question sous un jour plus général : je m'étais demandé si cet élément peut se substituer non seulement au zinc, mais aussi au magnésium avec lequel il présente quelque parenté chimique.

Voici à ce sujet une expérience tout à fait typique.

(¹) *Comptes rendus*, t. 156, 20 janvier 1913, p. 258.

(²) Je fais remarquer incidemment que M. Lepierre rapproche mes expériences de 1908 de celle qui est publiée dans ma dernière Note. Ce rapprochement n'est pas valable en soi, les expériences visées n'ayant pas été faites dans les mêmes conditions de milieu. J'emploie plus volontiers aujourd'hui des milieux à azote purement ammoniacal depuis que j'ai montré la valeur alimentaire prépondérante de cette forme d'azote. Dans ces conditions $\frac{1}{100000000}$ de zinc multiplie mes récoltes par un coefficient supérieur à celui que j'avais indiqué jadis. Voir à ce sujet : *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 190 ; *Bulletin des Sciences pharmacologiques*, t. XIX, 1912, p. 513.

(³) M. Lepierre relate avoir publié un travail sur ce sujet en juillet 1912 dans le *Bulletin de la Société portugaise des Sciences naturelles*. Je n'ai pas en main ce périodique à l'heure où j'écris ces lignes.

Milieu :	Eau redistillée...............	1500g
	Saccharose..................	70
	Acide succinique.............	2,124
	Tartrate acide de potassium...	1,632
	Phosphate d'ammonium.......	0,600
	Sulfate d'ammonium..........	0,232
	Succinate d'ammonium.......	7,580
	Alun de fer ammoniacal......	0,130
	Sulfate de manganèse.........	0,0004
	Silicate de potassium.........	0,070

Ce milieu est préparé avec des corps très purs, tous purifiés ou préparés par moi-même [1]. Il est réparti par 125^{cm^3} dans de petites cuvettes recouvertes d'un cristallisoir de verre assez large et surélevé pour permettre le renouvellement de l'air. On ajoute dans chaque cuvette :

Séries.		
1...	Sulfate de magnésium pur : 0,0886	
2...	Sulfate de glucinium pur : 0,1696	
3...	Sulfate de glucinium pur : 0,0635 [2]	
4...	Sulfate de magnésium : 0,0886 + zinc (1 : 10000000e) à l'état de sulfate.	
5...	Sulfate de glucinium : 0,1696 + zinc (1 : 10000000e)	id.
6...	Sulfate de glucinium : 0,0635 + zinc (1 : 10000000e)	id.
7...	Sulfate de magnésium : 0,0886 + glucinium (1 : 1000000e)	id.
8...	Sulfate de magnésium : 0,0886 + glucinium (1 : 100000e)	id.
9...	Sulfate de magnésium : 0,0886 + glucinium (1 : 10000e)	id.
10...	Sulfate de magnésium : 0,0886 + glucinium (1 : 1000000e)	id.
	+ zinc (1 : 10000000e)	id.

J'ai naturellement identifié et essayé le sulfate de glucinium employé : saveur caractéristique; par la potasse, précipité blanc soluble dans un excès de réactif; par l'ammoniaque, précipité blanc soluble dans le carbonate d'ammonium; par le phosphate d'ammonium et l'ammoniaque, en présence d'acide citrique, obtention de phosphate ammoniaco-glucinique, etc. Dosage de SO^3 : 44,98 (théorie 45,17). Dosage de glucinium : 5,22 (théorie 5,13). Une solution concentrée du sel additionnée d'acétate de sodium ne donne pas de précipité par l'hydrogène sulfuré.

Stérilisation des milieux de culture à 115° pendant 20 minutes. Ensemencement large. Séjour au thermostat à + 34°C. Arrêt des cultures à la fin du quatrième jour.

---

(1) Sauf le silicate.

(2) Magnésium et glucinium sont en quantités équipondérales en 1 et 2, équimoléculaires en 1 et 3.

Séries.	Poids secs des mycéliums
1 (Magnésium seul)	0,400
2 (Glucinium équipondéral)	0,000
3 (Glucinium équimoléculaire)	0,000
4 (Magnésium + zinc)	1,640
5 (Glucinium équipondéral + zinc)	0,000
6 (Glucinium équimoléculaire + zinc)	0,000
7 (Magnésium + 1 : 1000000e glucinium)	0,450
8 (Magnésium + 1 : 100000e glucinium)	0,370
9 (Magnésium + 1 : 10000e glucinium)	0,420
10 (Magnésium + 1 : 100000e glucinium + 1 : 10000000e zinc)	1,740

Les cultures des séries 1, 7, 8, 9 ont sporulé hâtivement. dès la 36e heure.

D'après cette expérience, et d'autres que je ne puis relater ici faute de place, mais qui sont concordantes, *le glucinium n'a pu remplacer le magnésium* (1); ce dernier est un aliment rigoureusement indispensable. *Le glucinium n'a pu remplacer le zinc* comme agent catalytique.

Que faut-il conclure de ces expériences et de celles, d'un sens tout différent, que nous annonce M. Lepierre? Faut-il purement et simplement les opposer comme irréductibles? Évidemment non. Il faut chercher les causes de leurs dissemblances. J'ai pu jadis montrer l'influence sur l'*Aspergillus* de doses si petites de zinc qu'elles échappent à toute analyse, et éclaircir ainsi la cause des résultats opposés de M. Coupin et de moi-même. Je crois que cette fois c'est d'un autre côté qu'il faudra se tourner. Les conditions de milieu, les caractères acquis par de longues influences héréditaires jouent peut-être ici un rôle prépondérant. De toutes façons, à propos d'expériences si délicates, où interviennent tant de facteurs divers, il faut se garder des généralisations hâtives et savoir ne pas énoncer de contradictions formelles.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Remplacement du zinc par le glucinium dans la culture de l'*Aspergillus niger. Note de M. **Charles Lepierre**, présentée par M. Armand Gautier.

Dans une précédente Note j'ai montré que si l'on remplace le zinc par le cadmium dans le milieu Raulin, on obtient pour certaines doses les récoltes en tout semblables à celles que fournit le milieu zincique.

(1) Des expériences tout à fait indépendantes des miennes, entreprises simultanément par mon Collègue M. Sauton, ont fourni des résultats analogues.

Le glucinium jouit des mêmes propriétés. On rapprochait autrefois le glucinium de l'aluminium : Mendelejeff et plus tard Moissan [1] le placèrent à côté du magnésium, du zinc et du cadmium. Moissan rappelle que les chlorures, carbonates, nitrates, sulfates de ces métaux sont analogues et que les sulfates doubles de glucinium n'ont aucune analogie avec les aluns.

La technique suivie est la même que dans le cas du cadmium. J'ai recours au sulfate $GlSO^4.4H^2O$ *pur*. Le Tableau suivant résume les résultats obtenus :

GLUCINIUM. — *Poids des récoltes pour* 500$^{cm^3}$ *de liquide* (4 à 5 jours de culture).

	Cristallisoirs en porcelaine.					Erlenmeyer.	
Témoins sans zinc, ni cadmium, ni glucinium......	4^g,67		4^g,39	3^g,40		2^g,81	5^g,90
Zinc $\frac{1}{1\,000\,000}$..............	6,94		7,54	7,85		6,40	6,21
Glucinium [2] $\frac{1}{10\,000}$.......	»		»	2,00	6,40	3,29	4,42
» $\frac{1}{20\,000}$.......	»		8,17 [3]	»	»	»	»
» $\frac{1}{100\,000}$......	6,95 (6 j.)	7,70 (10 j.)	6,45	2,57	7,30	4,08	5,70
» $\frac{1}{1\,000\,000}$......	6,45 (6 j.)	7,45 (10 j.)	4,05	3,80	7,65	4,10	5,72
» $\frac{1}{10\,000\,000}$....	»	»	3,87	3,67	6,90	4,90	6,35
» $\frac{1}{100\,000\,000}$....	»	»	»	4,50	7,00	4,40	5,89
				4 jours	10 jours	4 jours	10 jours

Les chiffres précédents s'appliquent à des cultures obtenues directement en partant d'*Aspergillus* cultivé pendant plus d'un an sur des milieux sans zinc ni glucinium. On voit que les poids atteignent, en cristallisoirs, le maximum pour les doses de glucinium comprises entre $\frac{1}{100\,000}$ (et souvent plus) et $\frac{1}{100\,000\,000}$. Mais ce maximum n'est atteint qu'après 9 à 10 jours environ. Il y a donc retard. L'expérience démontre du reste que ce retard n'est que relatif et diminue à mesure que la plante s'adapte à son nouveau milieu, par cultures successives sur glucinium. Pour les doses indiquées les cultures sporulent normalement.

Je ferai remarquer que si l'adaptation de l'*Aspergillus*, pour les doses de zinc appelées *physiologiques* ou *utiles*, s'obtient d'emblée, cela tient à ce que cet élément est beaucoup plus répandu que le cadmium ou le glucinium qui sont relativement rares, et que tous les milieux renferment probable-

---

(1) MOISSAN, *Traité de Chimie minérale*, t. I, p. 31 à 35.

(2) Calculé en métal.

(3) 6 jours : 4^g,57 ; 19 jours : 3^g,60 en plus ; en tout : 8^g,17.

ment des traces de zinc. Les facteurs *temps* et *adaptation* jouent donc dans ces phénomènes, comme dans tous les phénomènes biologiques, un rôle qui, par l'*Aspergillus niger*, n'a pas été jusqu'à présent suffisamment mis en évidence ou dont on n'a pas tenu compte.

La comparaison des poids de culture obtenus dans les boîtes en porcelaine et dans les vases coniques d'Erlenmeyer montrent que l'accès facile de l'air dans le premier cas a une influence notable sur le poids des cultures en rendant plus rapide l'assimilation des aliments.

Le glucinium est fixé par la plante.

J'ajouterai que le cadmium et le glucinium ne sont pas les seuls éléments susceptibles de remplacer le zinc dans le milieu Raulin.

GÉOLOGIE. — *Sur l'origine du platine contenu dans les alluvions de certains affluents latéraux de la Koswa* (Oural du Nord). Note de M. **Louis Duparc**, présentée par M. Pierre Termier.

La Koswa, affluent de la Kama, prend sa source sur la ligne de partage des eaux européennes et asiatiques, dans la région des schistes cristallins. Elle coule dans une vallée d'érosion assez large, qui, par places, est dominée par des falaises rocheuses s'élevant assez uniformément à 20^m environ au-dessus du niveau de la rivière. Elle reçoit, dans la partie supérieure de son cours, deux affluents platinifères. Le premier vers l'amont, appelé Malaïa-Koswa, a emprunté son platine au centre dunitique primaire qui forme l'éperon du Koswinsky (1). Le second, appelé Tilaï, se jette dans la Koswa à une quinzaine de kilomètres en aval du confluent de Malaïa-Koswa; il tient son platine de deux petits affluents latéraux, appelés Balchaïa et Malaïa-Sosnowka. Ceux-ci ravinent un second centre dunitique primaire appelé Sosnowsky-Ouwal, qui est situé sur le flanc occidental du Koswinsky. Les alluvions de Malaïa-Koswa sont assez riches en platine; celles de Tilaï sont beaucoup plus pauvres. En aval du confluent de Tilaï, la Koswa coupe transversalement, sur plus de 14^{km}, les formations dolomitiques du Dévonien moyen, qui constituent ce que j'ai appelé le *synclinal de Tépil*.

(1) L. Duparc, *Le platine et les gîtes platinifères de l'Oural* (*Archives des Sciences physiques*, Genève, t. XXXI, 1911).

Dans cette partie de son cours, elle reçoit une série d'affluents latéraux entièrement encaissés dans les dolomies, ou qui s'amorcent dans une région formée par le Dévonien inférieur ou par les schistes et conglomérats cristallins. Ces affluents sont, de l'amont vers l'aval : Bérésowka, Gloubokaïa, Molitschowka et Tépéletz, sur la rive droite; puis Soukaïa-Bérésowka, Stépanoff-log, Sergüeff-log, Kyria, etc., sur la rive gauche. Or, dans cette région de son cours, comme plus en aval, les alluvions couvertes qui occupent la vallée actuelle de la Koswa sont stériles, ou à peu près, au point de vue du platine. Par contre, dans les alluvions de presque tous les affluents latéraux, notamment dans celles de Stépanoff-log, de Gloubokaïa, de Molitchowka, etc., on trouve du platine en quantité parfois considérable. A Stépanoff-log, par exemple, on a extrait jusqu'à 40^g de platine par mètre cube d'alluvion.

Ce platine ne se rencontre pas sur toute la longueur du cours des affluents. Il est, en général, cantonné dans la portion de celui-ci située entre l'embouchure et la cote de 22^m au-dessus du niveau actuel de la Koswa. Le profil de la nappe alluviale de ces différents affluents est très uniforme. Le Bed-rock est formé par les dolomies du Dévonien en cailloux anguleux, mêlés à de l'argile; il est surmonté d'une couche de sable platinifère mesurant de $0^m,70$ à $1^m,40$ d'épaisseur, et généralement formée d'une argile sableuse rougeâtre, qui englobe des galets abondants de dolomies et des petits cailloux de quartz. Ces sables supportent une couche d'argile rougeâtre de 2^m à 3^m d'épaisseur. Dans les alluvions de quelques-uns de ces affluents, à 18^m ou 20^m au-dessus du niveau de la Koswa, j'ai trouvé, dans les sables platinifères, quelques galets formés par des roches identiques à celles que l'on rencontre dans les alluvions actuelles de la Koswa (gabbros, pyroxénites, etc.). En l'absence de tout centre platinifère primaire, la première idée qui s'imposait pour expliquer l'origine du platine dans les alluvions de ces affluents est que ce métal se rencontre dans certaines formations détritiques du Dévonien moyen ou inférieur à l'état de matériel roulé. Ces formations, ravinées au moment de l'établissement des affluents latéraux, auraient mis en liberté le platine qu'elles renfermaient, et celui-ci aurait tout naturellement été concentré dans les alluvions par le mécanisme habituel. On sait, en effet, qu'il existe du platine dans certains conglomérats de l'Artinsk, et que plusieurs rivières qui coulent dans ces conglomérats sont platinifères. Des faits analogues ont été signalés dans le Dévonien inférieur. Or, un examen très approfondi des formations dévoniennes de la région m'a convaincu que celles-ci ne ren-

fermaient pas de platine. Dès lors, la seule origine possible pour ce métal dans les alluvions des affluents de la Koswa est la suivante.

A une époque reculée, qui correspond à celle du ravinement intense des massifs dunitiques primaires, la Koswa a coulé à un niveau supérieur à celui de son lit actuel, et a déposé une large nappe alluviale, dont la composition pétrographique était analogue à celle des alluvions contemporaines. Ce niveau devait être, à peu près, à 25^{m} au-dessus de celui d'aujourd'hui. Plus tard, la Koswa établit son lit actuel en ravinant d'abord ses propres alluvions et en érodant profondément les roches qui en formaient le soubassement, en l'espèce les dolomies du Dévonien. La nouvelle vallée étant considérablement plus étroite que l'ancien lit, il en résulta qu'une partie des alluvions déposées sur celui-ci continua à recouvrir les dolomies de part et d'autre des deux rives. C'est à ce moment que s'établirent les affluents latéraux. Sous l'influence d'une érosion puissante, cette première nappe alluviale fut balayée en quelque sorte; une partie des dolomies qui lui servait de soubassement fut arrachée, et tout ce matériel, roulé et concentré dans l'axe des nouveaux cours d'eau qui s'établissaient, vint former les éléments constitutifs des graviers et des sables de ces affluents. Tout le platine que contenaient les alluvions de la Koswa dans le bassin de ces divers affluents fut alors concentré dans ces nouveaux dépôts, par un processus analogue à celui qui se passe dans un sluice. Survint une période de calme relatif, pendant laquelle les dolomies argileuses furent lentement dissoutes; les argiles qu'elles renfermaient, entraînées progressivement par le ruissellement, vinrent former la couche argileuse qui surmonte généralement les graviers platinifères. Le même phénomène de concentration secondaire a dû évidemment se passer sur les affluents latéraux de la Koswa, en aval du synclinal de Tépil; mais le platine n'existe qu'en faible quantité dans leurs alluvions. La richesse exceptionnelle des affluents latéraux encaissés dans les dolomies tient donc à une cause enrichissante locale. Celle-ci réside dans la présence des dolomies elles-mêmes. On sait en effet que ces roches, grâce à leur fissuration extrême, arrêtent complètement les métaux précieux au passage, et fonctionnent comme de véritables cribles, ce qui n'est pas le cas pour les quartzites que la Koswa traverse en aval des dolomies.

SISMOLOGIE — *Mégaséismes et saisons.*
Note de M. **de Montessus de Ballore**, présentée par M. Barrois.

Dans une Note déjà ancienne ([1]) j'ai montré par une statistique étendue que, selon toute probabilité, le maximum apparent de fréquence sismique que beaucoup s'accordent à attribuer aux mois d'hiver, résulte uniquement de circonstances purement physiologiques relatives à la plus ou moins facile observation des petites secousses dans les hautes et basses latitudes. Une influence de ce genre n'étant pas à craindre pour le catalogue des mégaséismes de Milne ([2]), il était intéressant de renouveler un essai de statistique dans ce sens. Sans entrer dans des détails réservés pour un Mémoire spécial, voici les résultats de cette recherche.

Le catalogue de Milne permet de soumettre à une statistique mensuelle les mégaséismes de nombreuses régions partielles ou résultant de leur combinaison, et si l'on décale de 6 mois les mégaséismes de l'hémisphère austral pour rentrer dans la réalité climatérique, on obtient le Tableau suivant des nombres de fois que des maximums (M) ou des minimums (*m*) se sont rencontrés dans les différents mois :

Janvier, 8 M, 2 *m*; février, 2 M, 3 *m*; avril, 1 M, 3 *m*; mai, 1 M, 2 *m*; juin, 2 M, 8 *m*; juillet, 7 *m*; août, 1 M; octobre, 6 M; novembre, 3 *m*; décembre, 2 M, 1 *m*.

Les maximums prédominent nettement en janvier et en octobre, et les minimums en juin et juillet. Mais le fait que des maximums et des minimums se rencontrent dans de nombreux autres mois et que certaines régions présentent plusieurs maximums et minimums, semble prouver qu'un maximum hivernal et un minimum estival ne correspondent pas à une loi naturelle générale.

Il y a plus : si l'on ordonne les régions par nombres croissants de mégaséismes, on trouve que, sauf certaines irrégularités, la proportion pour 100 de la différence du maximum et du minimum, correspondant à chacune d'elles, décroît de telle sorte qu'elle tendrait probablement vers zéro si l'on disposait d'un nombre suffisant de faits. (Le premier nombre exprime le nombre des mégaséismes et le second la proportion pour 100 plus haut définie.)

([1]) *Comptes rendus*, t. 140, 1905, p. 146.
([2]) A catalogue of destructive earthquakes A.D. 7 to A.D. 1899 (*Brit. Ass. Adv. of Sc. Portsmouth Meeting*, London, 1911).

Moluques et Insulinde : 144; 9,70. Régions tropicales de l'hémisphère austral : 180; 3,89. Amérique tempérée du Sud : 203; 5,42. Amérique tempérée du Nord : 204; 9,80. Amérique tropicale du Nord : 217; 5,99. Bassin oriental de la Méditerranée ; 238; 6,72. Amérique du Sud : 239; 3,77. Europe centrale et septentrionale : 249: 6,23. Bassin occidental de la Méditerranée (1850-1899) : 265; 5,66. Asie antérieure : 292; 4,45. Hémisphère austral : 383; 2,87. Amérique du Nord : 421; 4,75. Bassin occidental de la Méditerranée (jusqu'à 1849) : 545; 4.76. Amérique : 624; 4,49. Bassin occidental de la Méditerranée : 810; 3,46. Bassin de la Méditerranée : 1051; 2,86. Extrême-Orient : 1081; 3,24. Europe : 1300; 3,46. Asie : 1373; 2,69. — Le vieux Monde : 2673; 1,95. Hémisphère boréal : 3094; 1,84. Le Monde : 3441; 1,42.

Cet asymptotisme vers zéro, ajouté à l'argument plus haut invoqué, donne le droit de penser que, en vertu de la loi des grands nombres, les maximums hivernaux et les minimums estivaux ne sont qu'une apparence fortuite due au simple hasard, autrement dit que les mégaséismes sont indépendants des mois ou des saisons.

A 4 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 4 heures et demie.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 27 janvier 1913.

Ministère de la Guerre. *Archives de Médecine et de Pharmacie militaires*, publiées par ordre du Ministre de la Guerre; t. XL. Paris, Marc Imhaus et René Chapelot, s. d.; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Darboux.)

Société française de Physique. *Recueil de Constantes physiques*, publié par Henri Abraham et Paul Sacerdote. Paris, Gauthier-Villars, 1913; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Amagat.)

Électrotechnique appliquée. *Machines électriques* (*théorie, essais et construction*), par A. Mauduit; avec une Préface de A. Blondel. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1910; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. J. Violle.)

Chimie agricole. Chimie du sol, par M. Gustave André; avec une Introduction par P. Regnard. Paris, J.-B. Baillière, 1913; 1 vol. in-12. (Présenté par M. A. Muntz.)

Études de biophysique. La biologie synthétique, par Stéphane Leduc; avec 118 figures dans le texte. Paris, A. Pointat, 1912; 1 fasc. in-8°.

Publikationen des astrophysikalischen Observatoriums zu Potsdam. Photographische Himmelskarte Katalog; Bd. VI. Potsdam, 1912; 1 vol. in-4°.

Observations made at the Royal magnetical and meteorological Observatory at Batavia, published by order of the Government of Netherland's East-India, by W. van Bemmelen, Director; t. XXXII, 1909, containing : *Meteorological and magnetical Observations made in* 1909. Batavia, 1912; 1 vol. in-f°.

Memorie della Pontificia Accademia Romana dei Nuovi Lincei; t. XXIX. Rome, 1911; 1 vol. in-4°.

Institut international d'Agriculture. Bulletin du Bureau des renseignements agricoles et des maladies des plantes; 3e année, n° 12, décembre 1912. Rome, 1912; 1 vol. in-8°.

Memoirs of the Department of Agriculture in India : Botanical Series; t. V, n° 1, septembre 1912. Calcutta, 1912; 1 fasc. in-8°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 3 FÉVRIER 1913.

Henri Poincaré, 1854-1912 (avec un portrait en phototypie), par A. BUHL. (Extr. de *L'Enseignement mathématique*, numéro du 15 janvier 1913.) Genève; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Appell. Hommage de l'auteur.)

Exploration radiographique de l'appareil urinaire, par F. LEGUEU, E. PAPIN et G. MAINGOT; avec 72 planches hors texte, dont 67 en noir et 5 en couleurs. Paris, F. Gittler, 1913; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Guyon.)

Bulletin de la Société de Pathologie exotique; t. V, 1912. Paris, Masson et Cie; 1 vol. in-8°. (Présenté en hommage par M. Laveran.)

Marine nationale. *Statistique médicale de la Marine pendant l'année* 1908; 10e année. Paris, Imprimerie nationale, 1912; 1 vol. in-4°.

Problèmes d'Analyse mathématique, par E. FABRY. Paris, A. Hermann et fils, 1913; 1 vol. in-8°.

Un exemple de contamination du niveau aquifère portlandien : La source de Fains (*Bar-le-Duc*), par M. RENÉ NICKLÈS. (Extr. du *Bulletin des séances de la Société des Sciences de Nancy*.) Nancy, Berger-Levrault, s. d.; 1 fasc. in-8°.

Contribution à la connaissance de la jonction ancienne de la Moselle et de la Meuse par le Val de l'Ane, par M. RENÉ NICKLÈS. (Extr. du *Bulletin des séances de la Société des Sciences de Nancy*.) Nancy, Berger-Levrault, s. d.; 1 fasc. in-8°.

La Corse scientifique, par I. MANSION. *Bibliographie régionale : I. Sciences géographiques;* fasc. 1. Bastia, J.-B. Ollagnier, 1912; 1 fasc. in-8°.

Photometric researches : The Algol-system, Z Draconis, by RAYMOND SMITH DUGAN. (*Contributions from the Princeton University Observatory*, n° 2.) Princeton, N. J., 1912; 1 fasc. in-4°.

Colori stellari observati a Roma negli anni 1844-1846, *da* BENEDETTO SESTINI, *espositi in nuovo ordine e riosservati* da J.-G. HAGEN. (*Specola astronomica vaticana;* III.) Rome, 1911; 1 fasc. in-4°.

Genauigkeitsuntersuchungen über die Bestimmung der Intensität der Schwerkraft durch relative Pendelmessungen auf 9 *Stationen des badischen Oberlandes und auf der schweizerischen Referenzation zu Basel*, von J. BÜRGIN; mit 6 Tafeln. Carlsruhe, G. Braun, 1912; 1 vol. in-4°.

Bolletin demográfico de la Republica Mexicana, 1904, formado por la Direcciòn general de Estadística, a cargo de ANTONIO PEÑAFIEL; año IX, núm 9. Mexico, 1911; 1 vol. in-4°.

ERRATA.

—

(Séance du 6 janvier 1913.)

Note de M. *J. Andrade*, Recherches expérimentales sur le spiral cylindrique double :

Page 56, ligne 8, *au lieu de* si $k = 11$, *lire* si $k = 41$.
Même page, ligne 9, *au lieu de* $\frac{1}{330\,000}$, *lire* $\frac{1}{230\,000}$.

(Séance du 20 janvier 1913.)

Note de M. *Charles Lepierre*, Sur la non-spécificité du zinc comme catalyseur biologique pour la culture de l'*Aspergillus niger*. Son remplacement par d'autres éléments :

Page 259, ligne 14, *au lieu de* $\frac{1}{100\,000}$, *lire* $\frac{1}{106\,000}$.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 FÉVRIER 1913.

PRÉSIDENCE DE M. F. GUYON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. A. **Haller** fait hommage à l'Académie d'une médaille de *Schützenberger*.

M. **Pierre Termier**, présentant à l'Académie l'Ouvrage intitulé *Die moravischen Fenster und ihre Beziehung zum Grundgebirge des hohen Gesenke*, dont l'auteur est M. le professeur Franz Eduard Suess, de l'Université de Vienne, s'exprime en ces termes :

Le Mémoire que M. Franz Eduard Suess vient de consacrer aux *Fenêtres moraves* (t. LXXXVIII des *Denkschr. der mathem.-naturwiss. Kl. d. k. Akad. d. Wissensch.*) mérite d'être signalé à l'attention de tous les géologues. Il jette un jour nouveau sur le problème des terrains cristallophylliens, et il éclaire, en même temps, la structure profonde d'une vaste région de l'Europe centrale.

Dans les terrains cristallins du Sud du Massif de Bohême, il y a deux séries profondément différentes : l'une, à l'Ouest, constitue le *pays moldanubien*, qui correspond à une partie de la Moravie, à la plus grande partie de la Bohême méridionale, et même à un morceau du Bayrischer Wald; l'autre, à l'Est, affleure, en Moravie, dans deux dômes dont on ne voit, malheureusement, que le bord occidental (tout le reste étant caché par les terrains tertiaires et quaternaires du bassin de Vienne). Ces dômes sont appelés, par l'auteur, *dôme de la Thaya* (près de Znaïm) et *dôme de la Schwarzawa* (près de Brünn). La série cristalline qui affleure dans ces dômes constitue le *pays morave*.

La *série moldanubienne* est faite de gneiss et micaschistes très variés, parfois à fibrolite, cordiérite ou grenat, parfois riches en plagioclases; et aussi d'amphibolites, éclogites, gabbros, serpentine, marbres à graphite et à silicates calcaires, roches à augite, etc. Des roches massives (surtout granite à amphibole) interrompent cette alternance et forment de vastes amas. Des filons de pegmatite à tourmaline traversent tout l'ensemble. Dans les roches stratiformes, il n'y a pas de direction régulière : l'allure est lenticulaire, avec des contorsions capricieuses; elle s'ordonne seulement autour des grands batholites granitiques. Sur le bord de ceux-ci, on observe souvent comme un passage du granite au gneiss.

La *série morave* est formée, elle aussi, presque exclusivement, de roches cristallophylliennes et de batholites granitiques; mais les roches sont tout autres, et, surtout, l'allure générale est très différente. On se croirait dans un *massif central* des Alpes orientales : un noyau granitique, ou granito-gneissique, enveloppé d'un manteau de phyllades, de micaschistes, de calcaires micacés (sans graphite et sans silicates calcaires), en couches parallèles et concordantes; et, sur ce manteau, une couverture d'*Augengneis* à orthose et à mica blanc (*Bitteschergneis*). La succession est très régulière, et les bandes parallèles se poursuivent sur plus de 100^{km}, régularité qui contraste vivement avec le chaos du pays moldanubien. Enfin, le métamorphisme est moindre, semble-t-il; il est caractérisé par la naissance de minéraux hydratés (chlorite, séricite, épidote) et d'albite, et par l'absence des plagioclases basiques.

Partout où l'on voit le contact des deux séries, on constate que *la série morave s'enfonce régulièrement sous la série moldanubienne*. Entre les deux, il y a une intercalation, plus ou moins épaisse, de micaschistes et de gneiss à deux micas. Cette zone intercalaire n'est pas un terrain spécial; c'est une modification locale des gneiss moldanubiens. Sa base seule, tout contre le *Bitteschergneis*, est mylonitisée ou diaphtoritisée.

Chose curieuse, dans les deux dômes de la série morave, la cristallinité et le zonage des assises diminuent de haut en bas; dans le dôme du Nord (Schwarzawa), les couches les plus profondes que l'on connaisse sont très peu métamorphiques (phyllades, conglomérats quartzeux, granite écrasé, calcaires très semblables au calcaire dévonien fossilifère d'Olmütz).

Nul doute que le pays moldanubien ne soit charrié sur le pays morave. Le pays moldanubien est une écaille provenant d'une zone profonde de l'écorce, et le pays morave, beaucoup moins atteint par le métamorphisme, apparaît *en fenêtre* dans les déchirures de cette écaille. Les deux dômes de

terrains moraves correspondent à deux fenêtres dont les bords orientaux sont cachés. Plus au Nord, dans les Sudètes (Gesenke), aux confins de la Moravie et de la Silésie, on voit, de même, les gneiss moldanubiens reposer, à l'Est, sur les terrains cristallins silésiens : ceux-ci appartiennent donc encore au *pays morave*. La superposition, par charriage, d'une série sur l'autre, s'observe ainsi depuis le Manhartsberg, près du Danube, jusqu'à la plaine silésienne, sur plus de 250^{km} de longueur.

Rien n'indique le sens du déplacement relatif des deux pays. Quant à l'âge du charriage, voici ce qu'on peut dire : une partie des roches moraves appartient très probablement au Dévonien, et le Culm est transgressif sur les deux systèmes. Le charriage est donc certainement antérieur au Culm, et il est probablement de la fin du Dévonien.

Cette brève analyse ne donnera qu'une idée bien insuffisante de la multitude des faits observés par M. Franz E. Suess, et de la très grande portée de ses conclusions dans les deux domaines de la Pétrographie et de la Tectonique. Le Mémoire sur les *Fenêtres moraves* est vraiment digne du nom de Suess ; et sa lecture réjouira tous les géologues, en leur montrant que, dans la famille de l'auteur de *Das Antlitz der Erde*, se perpétuent les dons d'observer, de décrire, d'interpréter et de synthétiser.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur deux inégalités fondamentales de la Thermodynamique*. Note de M. **Pierre Duhem**.

Il existe, en Thermodynamique, deux inégalités fondamentales qui se rattachent aux idées de Clausius ; la croissance adiabatique de l'entropie, dont nous nous sommes occupé dans une Note récente [1], est un cas particulier d'une de ces inégalités. Pour les systèmes composés d'un nombre limité de parties, dont chacune est d'une température uniforme, M. É. Jouguet a démontré ces inégalités au moyen d'un postulat particulier [2]. Pour les systèmes sur lesquels la température est distribuée avec continuité, nous en avons donné une démonstration qui fait appel à la théorie de la conductibilité de la chaleur [3]. Nous nous proposons de

(1) *Sur la croissance adiabatique de l'entropie* (*Comptes rendus*, t. 156, 27 janvier 1913, p. 284).

(2) É. Jouguet, *Sur la stabilité de l'équilibre* (*Procès-verbaux de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux*, 23 juillet 1903).

(3) *Traité d'Énergétique*, t. II, p. 220-229.

donner, de ces inégalités, une démonstration indépendante de la théorie de la conductibilité, et fondée sur les mêmes principes que la démonstration, récemment donnée, de la croissance adiabatique de l'entropie.

Soit Γ un système que bornent, en partie, un corps imperméable à la chaleur sur lequel il n'y a pas glissement accompagné de viscosité, et, en partie, une surface S portée à une température uniforme $\mathfrak{S}_0$; cette température peut varier d'un instant à l'autre. Pour éviter les longueurs, nous supposerons, comme en notre précédente Note :

1° Que deux parties du système ne glissent pas l'une sur l'autre avec viscosité;

2° Qu'aucun volume, si petit soit-il, n'est de température uniforme.

Pendant le temps compris entre les instants t et $t+dt$, le système Γ dégage une quantité de chaleur Q_0. A l'instant t, nous partageons ce système en deux systèmes partiels, Γ', Γ''; le premier contient toutes les parties dont la température est au moins égale à $\mathfrak{S}_0$, le second toutes les parties dont la température est au plus égale à $\mathfrak{S}_0$. Dans le temps dt, ces systèmes dégagent respectivement des quantités de chaleur Q'_0, Q''_0, et nous avons $Q_0 = Q'_0 + Q''_0$.

Soit $\mathfrak{S}'_1$ la limite supérieure des températures du système Γ'; soit $\mathfrak{S}'$ une température comprise entre $\mathfrak{S}_0$ et $\mathfrak{S}'_1$. Si, du système Γ', nous retranchons toutes les parties dont la température est inférieure à $\mathfrak{S}'$, il reste un système $C'(\mathfrak{S}')$ qui est identique au système Γ' si $\mathfrak{S}' = \mathfrak{S}_0$ et qui s'évanouit si $\mathfrak{S}' = \mathfrak{S}'_1$. Dans le temps dt, le système $C'(\mathfrak{S}')$ dégage une quantité de chaleur $p'(\mathfrak{S}')dt$; $p'(\mathfrak{S}_0)dt$ est égal à Q'_0; $p'(\mathfrak{S}_1)$ est nul; enfin, pour toute valeur de $\mathfrak{S}'$ autre que $\mathfrak{S}'_1$, $p'(\mathfrak{S}')$ est positif en vertu du postulat que nous avons admis.

Soit $\mathfrak{S}''_1$ la limite inférieure des températures du système Γ''; soit $\mathfrak{S}''$ une température comprise entre $\mathfrak{S}''_1$ et $\mathfrak{S}_0$. Si, du système Γ'', nous retranchons toutes les parties dont la température est inférieure à $\mathfrak{S}''$, il reste un système $C''(\mathfrak{S}'')$ qui est identique au système Γ'' si $\mathfrak{S}'' = \mathfrak{S}''_1$ et qui s'évanouit si $\mathfrak{S}'' = \mathfrak{S}_0$. Dans le temps dt, le système $C''(\mathfrak{S}'')$ dégage une quantité de chaleur $p''(\mathfrak{S}'')dt$; $p''(\mathfrak{S}''_1)dt$ est égal à Q''_0; $p''(\mathfrak{S}_0)$ est égal à o; pour toute autre valeur de $\mathfrak{S}''$, $p''(\mathfrak{S}'')$ est positif.

Soient, à l'instant t, $d\varpi$ un élément de volume du système Γ; ρ sa densité, $\rho\sigma d\varpi$ son entropie, q la quantité de chaleur qu'il dégage dans le temps dt; $R\,d\varpi\,dt$ la valeur, pendant ce temps, du travail accompli par la viscosité interne à cet élément; enfin $F(\mathfrak{S})$ la température absolue de cet

élément. Entre ces diverses grandeurs existe la relation

$$q = -F(\mathfrak{S})\rho\frac{d\sigma}{dt}d\varpi\,dt - R\,d\varpi\,dt. \tag{1}$$

Considérons, dans le système Γ', toutes les masses élémentaires dont la température est comprise entre $\mathfrak{S}'$ et $(\mathfrak{S}' + d\mathfrak{S}')$. Nous aurons évidemment

$$\Sigma q' = -\frac{d\,p'(\mathfrak{S}')}{d\mathfrak{S}'}d\mathfrak{S}'\,dt,$$

le premier membre désignant une somme étendue à toutes les masses élémentaires dont nous venons de parler; nous en tirerons

$$\sum\frac{q'}{F(\mathfrak{S}')} = -\frac{1}{F(\mathfrak{S}')}\frac{d\,p'(\mathfrak{S}')}{d\mathfrak{S}'}d\mathfrak{S}'\,dt.$$

Intégrons des égalités semblables pour tout le système Γ', et nous aurons l'égalité suivante, où le premier membre est une somme qui s'étend à toutes les masses élémentaires du système Γ' :

$$\sum\frac{q'}{F(\mathfrak{S}')} = -dt\int_{\mathfrak{S}_0}^{\mathfrak{S}'_1}\frac{d\,p'(\mathfrak{S}')}{d\mathfrak{S}'}\frac{1}{F(\mathfrak{S}')}d\mathfrak{S}'.$$

Une intégration par parties, appliquée au second membre, nous donne

$$\sum\frac{q'}{F(\mathfrak{S}')} = \frac{Q'_0}{F(\mathfrak{S}_0)} - dt\int_{\mathfrak{S}_0}^{\mathfrak{S}'_1}\frac{p'(\mathfrak{S}')\,F'(\mathfrak{S}')}{[F(\mathfrak{S}')]^2}d\mathfrak{S}'.$$

Pour le système Γ'', on peut écrire une égalité analogue; ajoutée membre à membre avec celle-ci, elle donnera l'égalité

$$\sum\frac{q}{F(\mathfrak{S})} - \frac{Q_0}{F(\mathfrak{S}_0)} = -dt\left\{\int_{\mathfrak{S}_0}^{\mathfrak{S}'_1}\frac{p'(\mathfrak{S}')\,F'(\mathfrak{S}')}{[F(\mathfrak{S}')]^2}d\mathfrak{S}' + \int_{\mathfrak{S}_1}^{\mathfrak{S}_0}\frac{p''(\mathfrak{S}'')\,F'(\mathfrak{S}'')}{[F(\mathfrak{S}'')]^2}d\mathfrak{S}''\right\}, \tag{2}$$

où la somme qui figure au premier membre s'étend à toutes les masses élémentaires du système. En vertu des caractères des quantités $p'(\mathfrak{S}')$, $p''(\mathfrak{S}'')$, cette égalité donne l'inégalité

$$\sum\frac{q}{F(\mathfrak{S})} - \frac{Q_0}{F(\mathfrak{S}_0)} < 0 \tag{3}$$

qui est une de celles que nous voulions établir.

Dans l'égalité (2), remplaçons q par sa valeur tirée de l'égalité (1) et désignons par

$$\mathfrak{s} = \int\rho\sigma\,d\varpi,$$

l'entropie totale du système. Nous trouverons l'égalité

$$(4)\quad \frac{d\mathfrak{S}}{dt}dt + \frac{Q_0}{F(\mathfrak{I}_0)} = dt\left\{\int_{\mathfrak{I}_0}^{\mathfrak{I}'_1}\frac{p'(\mathfrak{I}')\,F'(\mathfrak{I}')}{[F(\mathfrak{I}')]^2}d\mathfrak{I}' + \int_{\mathfrak{I}''_1}^{\mathfrak{I}_0}\frac{p''(\mathfrak{I}'')\,F'(\mathfrak{I}'')}{[F(\mathfrak{I}'')]^2}d\mathfrak{I}''\right\} - dt\int R\,d\varpi.$$

Cette égalité donne l'inégalité

$$(5)\quad \frac{d\mathfrak{S}}{dt}dt + \frac{Q_0}{F(\mathfrak{I}_0)} > 0.$$

C'est la seconde des inégalités que nous voulions établir.

Tous les théorèmes dont l'énoncé, en notre *Traité d'Énergétique*, contenait cette restriction : *La chaleur, sur le système, se propage exclusivement par conductibilité*, peuvent être, maintenant, débarrassés de cette restriction ; ils supposent seulement, comme le suppose, elle aussi, la théorie de la conductibilité, l'exactitude du postulat qui formule d'une manière précise, selon nous, l'axiome de Clausius.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation directe des éthers phénylacétiques : préparation de l'acide cyclohexylacétique.* Note de MM. **Paul Sabatier** et **M. Murat**.

I. Dans une Communication antérieure nous avons fait connaître que la méthode d'hydrogénation directe par catalyse sur le nickel peut être appliquée avec succès aux éthers de l'acide benzoïque qui sont ainsi transformés en éthers de l'acide hexahydrobenzoïque [1].

Il était permis d'espérer qu'une réaction similaire pourrait être accomplie avec les éthers issus des acides homologues de l'acide benzoïque. Ces derniers sont de diverses sortes, selon leur mode de dérivation à partir de l'acide phénylformique ou benzoïque ; les uns proviennent de substitutions forméniques pratiquées dans le noyau aromatique de cet acide, par exemple les acides toluiques, éthylbenzoïques, diméthylbenzoïques, etc. ; les autres sont issus de substitutions aromatiques pratiquées dans les homologues de l'acide formique, par exemple, l'acide phénylacétique, les acides α et β-phénylpropioniques, etc.

Nous avons déjà annoncé, dans la Note précitée, que les éthers des *acides toluiques* se prêtent avantageusement à une hydrogénation directe, dont les résultats détaillés seront très prochainement décrits.

---

(1) Paul Sabatier et M. Murat, *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 922.

II. Nous sommes parvenus à réaliser, dans des conditions excellentes, l'hydrogénation directe de divers éthers de l'*acide phénylacétique*, qui sont transformés *intégralement*, sans aucune perte ni aucune formation secondaire, en éthers correspondants de l'*acide cyclohexylacétique*



$C^6H^{11}.CH^2.CO^2H.$

Les éthers phénylacétiques ont été préparés par la méthode d'Émile Fischer, en chauffant l'acide phénylacétique avec un excès des divers alcools primaires forméniques, en présence de quelques centièmes d'acide sulfurique concentré : les rendements sont excellents.

L'hydrogénation a été pratiquée avec un grand excès d'hydrogène sur un nickel très actif, maintenu à 180° : on obtient dans tous les cas, du premier coup, un éther cyclohexylacétique pur, qui est, à froid, absolument inattaqué par le mélange sulfonitrique. L'action du métal peut se prolonger indéfiniment sans affaiblissement appréciable.

Parmi les éthers obtenus ainsi, seul l'éther *éthylique* avait été isolé par une autre voie.

III. Les éthers cyclohexylacétiques sont des liquides incolores, moins denses que l'eau, dont l'odeur, non désagréable tout d'abord, imprègne les objets et les vêtements d'une façon très désagréable et très persistante, par suite d'une saponification lente en acide libre d'odeurs butyriques.

Le *cyclohexylacétate de méthyle* bout à 200°-202° (corr.). On a $d_0^0 = 0,9961$.

A 14°, on a $d_0^{14} = 0,9896$ et $n_D = 1,459$; on en déduit comme pouvoir réfringent $R_D = 43,2$ (calculé 43,0).

Le *cyclohexylacétate d'éthyle* bout à 211°-212° (corr.). On a trouvé $d_0^0 = 0,9626$.

A 14°, on a $d_0^{14} = 0,9537$ et $n_D = 1,451$; d'où $R_D = 47,84$ (calculé 47,89).

Darzens avait préparé cet éther en hydrogénant sur le nickel l'*acide cyclohexène-acétique*, obtenu lui-même à partir de la cyclohexanone [1]. Freundler l'avait également isolé, par éthérification directe, de l'acide cyclohexylacétique et avait indiqué le même point d'ébullition [2].

---

(1) DARZENS, *Comptes rendus*, t. **144**, 1905, p. 330.

(2) FREUNDLER, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XXXV, 1906, p. 546.

Le *cyclohexylacétate de propyle* bout à 228°-229° (corr.). Nous avons trouvé $d_0^0 = 0,9560$ et, à 15°, $d_0^{15} = 0,9431$, avec $n_D = 1,450$. On en déduit $R_D = 52,28$ (calculé 52,50).

Le *cyclohexylacétate d'isobutyle* bout à 240°-241° (corr.). On a trouvé $d_0^0 = 0,9445$ et, à 14°, $d_0^{14} = 0,9307$, avec $n_D = 1,452$; on en déduit $R_D = 57,5$ (calculé 57,1).

Le *cyclohexylacétate d'isoamyle* bout à 250°-251° (corr.). On a trouvé $d_0^0 = 0,9388$ et, à 16°, $d_0^{16} = 0,9267$, avec $n_D = 1,454$; on en tire $R_D = 61,76$ (calculé 61,70).

La comparaison de ces constantes physiques montre que l'indice de réfraction demeure à peu près invariable, avec toutefois un minimum peu accusé pour l'éther propylique. Au contraire, la densité diminue régulièrement à partir de l'éther méthylique.

IV. Ces éthers, chauffés pendant 1 heure avec de la potasse alcoolique, sont facilement saponifiés. En traitant, par l'acide sulfurique dilué, le cyclohexylacétate de potassium ainsi formé, on libère l'acide, qui est facilement isolé à l'état de pureté.

L'*acide cyclohexylacétique* se présente en cristaux blancs qui fondent à 32° et possèdent une densité peu différente de celle de l'eau, dans laquelle ils sont peu solubles. Il possède une odeur butyrique désagréable; il rougit fortement le tournesol. Il bout à 245° (corr.). Nous avons préparé son amide, le *cyclohexylacétamide* $C^6H^{11}.CH^2.CONH^2$, par action de l'ammoniaque sur l'éther éthylique : ce sont des écailles blanches, qui fondent à 167°-168° (corr.). Wallach, qui avait préparé l'acide cyclohexylacétique par une autre voie, a indiqué, pour l'acide et pour l'amide, des constantes à peu près identiques (1).

On voit que l'hydrogénation directe des éthers phénylacétiques fournit un procédé pratique très avantageux pour préparer les éthers cyclohexylacétiques et, par suite, pour obtenir l'acide cyclohexylacétique lui-même.

V. Il est intéressant de rapprocher cette aptitude à l'hydrogénation directe de l'insuccès complet auquel nous a conduits celle des éthers de l'*alcool benzylique*.

Si l'on essaie d'hydrogéner à 180°, sur un nickel très actif, l'*acétate de benzyle* $C^6H^5.CH^2.OCO.CH^3$, isomère du phénylacétate de méthyle, on

(1) Wallach, *Chem. Centralblatt*, 1907, (2), p. 53.

obtient exclusivement formation de toluène $C^6H^5.CH^3$, et d'acide acétique, qui attaque le nickel et lui enlève de suite toute activité catalytique. La fonction de l'alcool primaire benzylique est, d'après les comparaisons de Mentschukine relatives aux limites d'éthérification, peu différente de celle des alcools secondaires, et c'est sans doute de cette faiblesse de la fonction que provient l'instabilité des éthers fournis par cet alcool vis-à-vis de l'hydrogénation.

Nous avons reconnu que les éthers de l'*acide hydrocinnamique* ou *α-phénylpropionique* se prêtent comme ceux de l'acide phénylacétique à une hydrogénation régulière; nous aurons l'honneur de l'exposer dans une Note prochaine.

GÉOLOGIE. — *Observations sur l'histoire géologique pliocène et quaternaire du golfe et de l'isthme de Corinthe.* Note (1) de M. **Charles Depéret.**

Les formations pliocènes et quaternaires marines du golfe et de l'isthme de Corinthe ont donné lieu, depuis le bel Ouvrage de l'*Expédition scientifique de Morée*, à d'importants travaux de Neumayr, Hörnes, Th. Fuchs et, plus récemment, de Ed. Fuchs et Jousseaume, de Philippson et Oppenheim. J'ai parcouru en 1912 cette intéressante contrée de Mégare à Patras, soit seul, soit en compagnie de M. Négris, qui a publié de si belles recherches sur l'histoire quaternaire de la Méditerranée orientale. J'ai pu me faire, sur l'histoire géologique de cette région, des idées qui ne concordent pas toujours avec celles des savants précités et que je me propose d'exposer synthétiquement.

I. Période pliocène. — A la suite d'effondrements prépliocènes, il existait, sur l'emplacement du golfe de Corinthe, un bras de mer plus large que le golfe actuel, comme l'atteste la bande de terrains pliocènes qui borde la rive sud du golfe jusqu'au pied des montagnes secondaires du Péloponnèse. A l'Est, ce bras de mer se prolongeait par le double détroit de Corinthe et de Mégare, isolant le massif insulaire du Péloponnèse.

Ce *bras de mer corinthien* a été remblayé par une épaisse masse de sédiments pliocènes marins ou fluvio-marins, dont la puissance dépasse parfois un millier de mètres. Les géologues qui ont étudié ce Pliocène, notamment M. Philippson (*Der Peloponnes*), y ont distingué un étage inférieur marneux

(1) Reçue dans la séance du 3 février 1913.

et un étage supérieur de conglomérats, attribués l'un et l'autre à l'étage *Levantin* ou *Pliocène inférieur*.

Les faciès de ces dépôts sont assez complexes, et il y a lieu de distinguer de l'Ouest à l'Est plusieurs régions :

1° *Région occidentale*, de l'Adriatique à Patras et Ægion. Le faciès faunique est ici entièrement marin. Je prendrai pour type la belle coupe que j'ai relevée dans le ravin de Kastritsi, près Rhion. Le Pliocène débute par des marnes gris-blanchâtres à nombreux *Cardium edule* var. *umbonatum*, alternant avec des couches sableuses; au-dessus viennent encore des niveaux marneux riches en fossiles marins : *Turritella tricarinata*, *T. aspera*, *Nassa nitida*, *Corbula gibba*, *Venus gigas*, *V. multilamella*, *Cardita intermedia*, *Arca diluvii*, *Chama placentina*, *Pecten jacobæus*, *P. varius*, *P. opercularis*, *P. scabrellus*, *P. cf. inæquicostalis*, *Ostrea edulis*, *O. Boblayei*, etc. ; on passe ensuite à des sables jaunâtres dans lesquels commencent à apparaître des lits de galets littoraux souvent perforés par les Mollusques, et alternant à diverses reprises avec des marnes à innombrables *Cardium edule ;* peu à peu, les bancs de cailloutis marins prédominent sur les marnes et finissent par constituer presque toute la masse de la formation. J'ai cependant observé avec M. Négris des intercalations marneuses grisâtres à Turritelles, Dentales et *Cardium edule* jusqu'à plus de 600^{m} d'altitude à l'est du village de Kastritsi, et il en existe encore de plus élevées ; mais les conglomérats, de plus en plus grossiers et torrentiels, constituent toute la partie supérieure de la coupe qui dépasse l'altitude de 800^{m}.

Cette coupe de Kastritsi, qui est partout la même dans la région de Patras, montre le fait important *d'une série pliocène concordante qui comprend seulement, malgré son épaisseur d'au moins* 600^{m}, *des dépôts de mer très peu profonde*, où dominent les *Cardium* du groupe *edule* et autres formes subsaumâtres, comme *Nassa nitida*, *Corbula gibba*, bancs d'Huîtres. C'est un exemple remarquable *d'une fosse marine ayant joué le rôle de géosynclinal en voie d'affaissement lent et continu pendant la durée entière des temps pliocènes*.

2° *Région centrale* entre Ægion et Kiaton. C'est la région d'affaissement maximum de la *fosse corinthienne*, celle où le Pliocène acquiert des épaisseurs énormes et presque déconcertantes. M. Philippson a pu estimer à 600^{m} l'épaisseur des marnes inférieures, et à 800^{m} celle des conglomérats, le tout en couches subhorizontales, dans les massifs tabulaires imposants de l'Evrostina et du Mavron-Oros. Le faciès faunique commence ici à se modifier :

les fossiles marins, identiques à ceux de Patras, sont plus rares (Kumari, Xylokastron), mais, en plusieurs points, les apports limniques se manifestent par des fossiles à *facies levantin*, tels que *Limnœa Adelinæ*, *Congeria subcarinata*, Hydrobies, Valvées, près Kumari; *Tulotoma* près Kléone (observations de M. Philippson). Ce faciès mixte, marin et saumâtre, mène à la région à faciès *encore plus levantin* de Corinthe et de Mégare.

3° *Région orientale* ou des détroits pliocènes de Corinthe et de Mégare. Dans le centre de l'isthme de Corinthe, le Pliocène n'apparaît que dans le bombement central de la tranchée du canal sous forme de marnes bleuâtres à la base, blanches à la partie supérieure, où M. Philippson a signalé des fossiles saumâtres (*Neritina micans*, *Melanopsis*, Congéries), mélangés à quelques rares formes marines.

Mais ces mêmes marnes affleurent largement soit au nord de l'isthme, au pied du mont Geraneia; soit au sud, au pied de l'Oneion et de l'Acrocorinthe. Fuchs y a signalé près Kalamaki, un beau gisement de fossiles levantins : *Limnœa Adelinæ*, *Vivipara ornata*, Mélanies, Néritines, Congéries. J'ai aussi trouvé dans ces marnes des Hydrobies et des *Limnocardium* à peu de distance au sud-ouest de la ville de Corinthe.

Dans l'ancien détroit de Mégare, entre le massif alors insulaire de Geraneia et le chaînon de Patera, le faciès levantin est encore plus accusé. La succession de couches que j'y ai observée diffère assez notablement de celle indiquée par Fuchs et Philippson. On voit, à partir de la base, de puissants conglomérats de falaise, que surmonte la série multiple des calcaires marneux et des marnes à *Melanopsis*, *Mélanes*, *Néritines* et *Cérithes*, contenant la riche faune levantine dite de Mégare, décrite par Fuchs et Oppenheim. Cependant l'intervention de la mer se manifeste presque dès la base de la série par un banc mollassoïde riche en *Ostrea* du type *edulis-lamellosa*, fait non encore signalé. Au-dessus, j'ai observé des couches sableuses à fossiles d'eau douce (*Limnœa megarensis*, *Planorbis Thiollierei*), auxquelles succèdent des bancs travertineux à grosses tubulures, indiquant un faciès de marécage. C'est vers le haut de ces travertins que s'intercale un banc de $1^m,50$ de calcaire poreux marin, criblé de moules et d'empreintes de *Cardium edule*, *Loripes lacteus*, *Tapes aureus*, *Cerithium atticum*, etc., exploité comme pierre tendre (*poros*). Après cet incident marin, le Pliocène se termine par des couches fluvio-continentales, formées de marnes ligniteuses à *Planorbis Thiollierei* et *Limnœa Forbesi*, que surmontent des limons et cailloutis rouges à faciès continental, indiquant la fin d'un *cycle de sédimentation* continu et complet.

4° Plus à l'Est, les détroits de Corinthe et de Mégare s'ouvraient dans le golfe Saronique, se mettant en communication avec le golfe saumâtre fermé du bassin d'Athènes, à la fois par l'étroit défilé de Daphni, et plus largement par le Pirée. Enfin, au sud d'Egine, s'ouvrait librement la mer pliocène, qui faisait le tour du Péloponnèse.

Conclusions. — Les faits généraux les plus importants qui se dégagent de ces observations et éclairent l'histoire pliocène du bras de mer corinthien sont les suivants :

1. Le bras de mer corinthien a été le siège d'une *sédimentation continue et concordante* pendant toute la durée du Pliocène. Cette sédimentation a été concomittante d'un *affaissement continu*, de vitesse équivalente, qui a permis l'accumulation de masses épaisses (plus de 1000^m) de *sédiments de mer toujours peu profonde.*

2. Bien que difficiles à délimiter dans ces faunes de mer peu profonde et même en partie lagunaire (faciès levantin), les trois étages *Plaisancien*, *Astien* et *Calabrien* y sont représentés, les deux premiers par un faciès marneux marin ou saumâtre, le dernier par un faciès de cailloutis apportés par les torrents des deux rives dans la dépression marine en voie de comblement.

3. L'abondance des apports continentaux est corrélative d'une *importante régression de la mer pliocène supérieure*, régression qui est presque générale sur tout le pourtour du bassin méditerranéen. La mer calabrienne est en effet limitée à la fosse centrale de cette mer (Sicile, Calabre).

4. De ce double fait : régression de la mer et accumulatiou d'énormes épaisseurs de cailloutis calabriens (800^m) résulte la conséquence forcée du *comblement du bras de mer corinthien* et de sa transformation, à la fin du Pliocène, *en une dépression continentale* d'une altitude très sensiblement supérieure au niveau de la mer actuelle. *Le Péloponnèse était alors soudé à la Grèce continentale.*

5. Cette transformation du golfe de Corinthe en vallée continentale a dû être encore plus accentuée à la suite des mouvements tectoniques intenses qui marquent la fin de l'époque Pliocène. *Le soulèvement en masse de la*

(1) Cette histoire de la dépression corinthienne m'a semblé identique à celle du détroit de Messine, où les cailloutis fluvio-marins du Calabrien supérieur ont de même déterminé la soudure de la Calabre et de la Sicile, permettant le passage dans cette grande île de la faune quaternaire à *Elephas antiquus.*

région a emporté, en effet, les dépôts pliocènes à de grandes altitudes qui, de 800^{m} dans la région de Patras, s'élèvent jusqu'à 1750^{m} au Mavron Oros, pour retomber à l'Est à 550^{m}, autour du massif de Geraneia. Des failles parallèles Est-Ouest, conséquentes de ce mouvement, ont d'ailleurs découpé ce Pliocène en gradins successifs qui *s'abaissent vers l'axe*, *fortement surélevé*, de la dépression corinthienne.

Ainsi se prépare une phase continentale par laquelle va débuter l'histoire des temps quaternaires.

M. A. **Balland** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé : *Les pharmaciens militaires français*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Botanique, en remplacement de M. *Schwendener*, élu Associé étranger.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 46,

M. Hugo de Vries obtient....... 45 suffrages
M. Farlow » .... 1 suffrage

M. **Hugo de Vries**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

COMMISSIONS.

M. G. **Bigourdan** est désigné pour remplacer, dans la Commission du prix Volney, M. *H. Poincaré*, décédé.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination de Commissions de prix, chargées de juger les concours de l'année 1913.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

Mathématiques : *Prix Francœur, Bordin.* — MM. Jordan, Émile Picard, Appell, Painlevé, Humbert, Hadamard, Darboux, Boussinesq, Alfred Picard.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Vieille, Lecornu.

Cette Commission est également chargée de présenter une *Question de Grand Prix des Sciences mathématiques* pour l'année 1916.

Mécanique : *Prix Montyon, Poncelet.* — MM. Boussinesq, Deprez, Léauté, Sebert, Vieille, Lecornu, Schlœsing, Haton de la Goupillière, Bertin.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Darboux, Villard.

Cette Commission est également chargée de présenter une *Question de prix Fourneyron* pour l'année 1916.

Navigation : *Prix extraordinaire de la Marine, Plumey.* — MM. Grandidier, Boussinesq, Deprez, Léauté, Bassot, Guyou, Sebert, Hatt, Bertin, Vieille, Lallemand, Lecornu.

Astronomie : *Prix Pierre Guzman, Lalande, Valz, G. de Pontécoulant.* — MM. Wolf, Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Puiseux, Darboux, Lippmann, Émile Picard.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Appell, Hadamard.

Géographie : *Prix Tchihatchef, Gay.* — MM. Grandidier, Bassot, Guyou, Hatt, Bertin, Lallemand, Ph. van Tieghem, Perrier, le prince Roland Bonaparte.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Darboux, Lacroix.

Cette Commission est également chargée de présenter une *Question de prix Gay* pour l'année 1916.

Physique : *Prix Hébert, Hughes, Henri de Parville, Gaston Planté, Kastner-Boursault.* — MM. Lippmann, Violle, Amagat, Bouty, Villard, Branly, Boussinesq, Émile Picard, Carpentier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Appell, d'Arsonval.

Chimie : *Prix Jecker, Cahours, Montyon (Arts insalubres), Berthelot, Vaillant.* — MM. Gautier, Lemoine, Haller, Le Chatelier, Jungfleisch, Moureu, Schlœsing, Carnot, Maquenne.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Müntz, Roux.

Minéralogie et Géologie : *Prix Delesse, Joseph Labbé, Victor Raulin.* — MM. Lacroix, Barrois, Douvillé, Wallerant, Termier, De Launay, Perrier, Zeiller, Bouvier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Le Chatelier, Lallemand.

Botanique : *Prix Desmazières, Montagne, De Coincy, Grand Prix des Sciences physiques, Thore, De la Fons-Melicocq.* — MM. Guignard, Bonnier, Prillieux, Zeiller, Mangin, Costantin, Ph. van Tieghem, Perrier, Bouvier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Müntz, le prince Roland Bonaparte.

PLIS CACHETÉS.

M. G. de Saint-Aubin demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 21 octobre 1912 et inscrit sous le n° 7963.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Dispositif de sécurité en aéroplane.*

(Renvoi à la Commission d'Aéronautique.)

CORRESPONDANCE.

MM. Camille Chabrié, Georges Claude, Paul Janet, Maurice d'Ocagne prient l'Académie de vouloir bien les compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section des Académiciens libres, par le décès de M. *Teisserenc de Bort.*

M. le Secrétaire perpétuel invite les personnes qui désirent occuper l'un des deux postes d'étude que M. le Ministre de l'Instruction publique a acquis pour la France, au Laboratoire international du Mont-Rose, à envoyer leur demande à l'Académie des Sciences.

M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie informe l'Académie de la convocation d'une Conférence générale des Poids et Mesures, qui s'ouvrira à Paris le 9 octobre prochain.

Cette Conférence se réunira sous la présidence de M. le Président de l'Académie.

M. H. Fehr fait hommage à l'Académie d'un tirage spécial du portrait de H. Poincaré, publié par l'*Enseignement mathématique*.

MM. Ch. Fabry et H. Buisson adressent un Rapport sur l'emploi qu'ils ont fait et des expériences qu'ils ont exécutées à l'aide de la subvention qui leur a été accordée sur le *Fonds Bonaparte* en 1911.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° E. Doublet. *Le Centenaire de Bougainville*. (Présenté par M. G. Bigourdan.)

2° 11 Volumes d'une *Collection de Manuels pratiques d'analyse chimique*, qui en comprendra 25, publiés sous la direction de MM. F. Bordas et Eugène Roux. (Présenté par M. d'Arsonval.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la détermination de la croissance des fonctions entières définies par une série de Taylor*. Note de Mlle S. Tillinger, présentée par M. Émile Picard.

Les recherches sur la représentation des fonctions analytiques et sur les points singuliers montrent bien l'importance d'une étude détaillée de la croissance des fonctions entières dont les coefficients sont positifs et à croissance régulière [1].

Le résultat général que nous avons obtenu à cet égard est le suivant :

Soit donnée une fonction analytique $\mathfrak{F}(x)$ par une série à termes positifs

$$\mathfrak{F}(x)=\sum_{n=0}^{n=\infty} a_n x^n,$$

(1) G. Mittag-Leffler, *Sur la représentation analytique d'une branche uniforme d'une fonction monogène* (voir Note, *Acta mathematica*, t. XXIX, 1905). — P. Dienes, *Leçons sur les singularités des fonctions analytiques*. Paris, Gauthier-Villars, 1913.

où a_n est un polynome de degré k de n, et la fonction entière

$$\mathcal{G}(x) = \sum_{n=0}^{\infty} b_n x^n,$$

où $\frac{1}{b_n} = e^{ng(n)}$ et $g(n)$ est une fonction positive continue croissante possédant des dérivées des deux premiers ordres, la croissance de la fonction entière

$$F(x) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n b_n x^n$$

est déterminée par l'expression

$$\lim_{x=\infty} \frac{F(x)}{[f(x)]^k \mathcal{G}(x)} = \text{const.},$$

où l'ordre de grandeur de la fonction entière $f(x)$ est égale à l'ordre de grandeur de la fonction inverse de $e^{g(n)}$.

En démontrant ce théorème, nous avons aussi montré que la méthode de M. Lindelöf [1] concernant la détermination des valeurs asymptotiques des fonctions entières est applicable non seulement dans des cas énumérés par lui, mais chaque fois que la fonction entière est de la forme $\mathcal{G}(x) = \sum_{n=0}^{\infty} b_n x^n$, comme dans le théorème ci-dessus.

Ce théorème contient comme cas particuliers les théorèmes suivants :

Soit donnée une fonction entière

$$\mathcal{G}(x) = \sum_{n=0}^{\infty} b_n x^n,$$

où $\log(b_n)^{-\frac{1}{n}} = g(n)$ est une fonction positive continue croissante possédant des dérivées des deux premiers ordres, en désignant par $\mathcal{G}^{(k)}(x)$ la dérivée de $\mathcal{G}(x)$ et par $f(x)$ une fonction d'ordre de grandeur de la fonction inverse de $e^{g(n)}$, on a

$$\lim_{x=\infty} \frac{x^k \mathcal{G}^{(k)}(x)}{[f(x)]^k \mathcal{G}(x)} = \text{const.}$$

Donc une fois donné l'ordre de croissance de la fonction, on peut déterminer celui de la dérivée.

---

(1) E. Lindelöf, *Mémoire sur la théorie des fonctions de genre fini* (*Acta Societatis scientiarum fennicæ*, t. XXXI, n° 1, 1901) et *Sur la détermination de la croissance des fonctions entières*, etc. (*Bull. des Sciences math.*, 1903).

Soit donnée la fonction entière

$$\mathrm{H}(x)=\sum_{n=0}^{\infty}\beta(n)\frac{x^n}{e^{n\,g(n)}},$$

où

$$\beta(n)\sim(p)\quad [1],$$

et $g(n)$ *est une fonction positive croissante possédant des dérivées des deux premiers ordres, on conclut que*

$$\lim_{x=\infty}\frac{\displaystyle\sum_{n=0}^{\infty}\beta(n)\frac{x^n}{e^{n\,g(n)}}}{[f(x)]^{p+\varepsilon}\displaystyle\sum_{n=0}^{\infty}\frac{x^n}{e^{n\,g(n)}}}=0;$$

et

$$\lim_{x=\infty}\frac{\displaystyle\sum_{n=0}^{\infty}\beta(n)\frac{x^n}{e^{n\,g(n)}}}{[f(x)]^{p-\varepsilon}\displaystyle\sum_{n=0}^{\infty}\frac{x^n}{e^{n\,g(n)}}}=\infty,$$

ε étant aussi petit qu'on veut et $f(x)$ est une fonction d'ordre de grandeur de la fonction inverse de $e^{g(n)}$.

Ce théorème peut être considéré comme la généralisation d'un théorème de M. P. Dienes sur la croissance des fonctions entières formées à l'aide de la fonction exponentielle [2].

Application. — Soit donnée une fonction analytique qui peut s'écrire au voisinage de x_1

$$\mathcal{F}(x)=\frac{\mathcal{P}_q\log\left(\dfrac{1}{1-\dfrac{x}{x_1}}\right)}{\left(1-\dfrac{x}{x_1}\right)^k}+\mathcal{F}_1(x),$$

où $\mathcal{P}_q(x)$ désigne un polynome de x de degré q, k un nombre positif quelconque et $\mathcal{F}_1(x)$ une fonction dont l'ordre en x_1 est moindre que k; l'ordre de grandeur de la représentation $\mathrm{U}(x)$ de cette fonction par la suite des fonctions entières $\mathcal{G}(x)=\sum_{n=0}^{\infty}b_n x^n$ est parfaitement déterminé par l'ex-

(1) $(p)=p$ parenthèse.

(2) P. Dienes, Thèse : *Journal de Math.*, 1908, p. 407.

pression

$$(\alpha) \qquad \lim_{x=\infty} \frac{U(x)}{[f(x)]^k \{\log[f(x)]\}^q} = \text{const.},$$

où

$$f(x) \sim \frac{1}{p},$$

si nous désignons par p [1] l'ordre de la fonction $e^{g(n}$.

La relation (α) nous donne une règle très simple pour déterminer la croissance de $U(x)$:

Désignons l'ordre de $U(x)$ et de $e^{g(n)}$ respectivement par r et p, et soit $\left(k + q\frac{1}{\omega}\right)$ l'ordre de la singularité, on a

$$r = \left(k + q\frac{1}{\omega}\right)\frac{1}{p}$$

puisque

$$\left(k + q\frac{1}{\omega}\right)\frac{1}{p} = k\frac{1}{p} + q\frac{1}{\omega}\frac{1}{p}.$$

Donc, *en multipliant l'ordre de la singularité par l'ordre de la fonction inverse de $e^{g(n)}$, on obtient l'ordre de* $U(x)$.

Une conséquence importante de la relation (α) est que *la correspondance entre la fonction et la représentation de la série examinée ne peut pas être complète* dans le sens que le degré d'infinitude des points singuliers algébrico-logarithmiques ne coïncide pas avec le degré d'infinitude de la représentation.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la détermination des fonctions harmoniques.* Note de M. **J. Le Roux**, présentée par M. Émile Picard.

J'ai déjà eu l'occasion d'indiquer comment on peut rattacher l'intégrale de Dirichlet aux formes quadratiques. La même méthode s'applique aussi à la démonstration de l'existence des fonctions harmoniques prenant des valeurs données sur la frontière d'un domaine, et même au calcul effectif de ces fonctions. Je me propose de signaler dans cette Note la forme des équations et des résultats auxquels on est conduit.

---

(1) p signifie un symbole quelconque de M. Borel. Voir *Leçons sur la théorie de la croissance*, Chap. I. Paris, Gauthier-Villars, 1910.

Considérons dans le plan des x, y une aire (D) limitée par un contour (C). Couvrons l'aire (D) d'un réseau de triangles formé en menant d'abord des droites équidistantes, parallèles aux axes de coordonnées et en coupant ensuite par une série de diagonales les carrés obtenus. Les triangles qui bordent la frontière seront irréguliers, mais cela ne modifie pas nos conclusions qui resteraient exactes pour tout réseau de triangles n'ayant pas d'angles obtus. Je ne m'occuperai d'ailleurs ici que de réseaux réguliers. Je suppose qu'à tout nœud M (x, y) du réseau on fasse correspondre une variable $z_{x,y}$. Chaque système de valeurs de ces variables détermine une fonction $u(x, y)$, qui, sur les nœuds, est égale à $z_{x,y}$ et qui à l'intérieur de chaque triangle est linéaire en x et y. La fonction $u(x, y)$ serait représentée par une surface polyédrale à facettes triangulaires.

Pour cette fonction, l'intégrale de Dirichlet étendue à l'aire (D)

$$\mathrm{J}(u) = \iint \left[\left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 \right] dx\, dy$$

est égale à une forme quadratique des variables $z_{x,y}$. On a, en désignant par h la distance des parallèles successives,

$$\mathrm{J}(u) = \mathrm{F}(z) = \Sigma[(z_{x,y} - z_{x\pm h,y})^2 + (z_{x,y} - z_{x,y\pm h})^2].$$

Supposons données les valeurs des variables $z_{x,y}$ qui correspondent aux nœuds de la frontière, et cherchons à déterminer les autres variables de manière à rendre minima la forme quadratique positive $\mathrm{F}(z)$. On aura, pour tout nœud intérieur, $\dfrac{\partial \mathrm{F}}{\partial z_{x,y}} = 0$, c'est-à-dire

$$(1) \qquad z_{x,y} - \frac{1}{4}(z_{x-h,y} + z_{x+h,y} + z_{x,y-h} + z_{x,y+h}) = 0.$$

L'équation (1), dont la forme limite est évidemment l'équation de Laplace, met immédiatement en évidence une propriété importante : la valeur de $z_{x,y}$ est comprise entre la plus petite et la plus grande des quatre valeurs contiguës $z_{x\pm h,y}$, $z_{x,y\pm h}$. Ce résultat correspond évidemment à la propriété des fonctions harmoniques de n'avoir ni maximum ni minimum à l'intérieur du domaine (D).

Le discriminant de la forme $\mathrm{F}(z)$ est nul, mais tous ses mineurs principaux sont différents de zéro, car cette forme positive ne s'annule que si toutes les valeurs des variables z sont égales entre elles.

Le système (1) peut donc être résolu quand on suppose données les valeurs des variables z à la frontière. Désignons par ξ, η les coordonnées

des nœuds de la frontière, par $\zeta(\xi, \eta)$ les valeurs correspondantes de z. La résolution du système (1) donne un résultat de la forme suivante, qui rappelle la formule de Poisson :

$$z_{x,y} = \sum_{\xi,\eta} \alpha(x, y, \xi, \eta)\,\zeta(\xi, \eta). \tag{2}$$

Les coefficients $\alpha(x, y, \xi, \eta)$ sont tous positifs, et, quel que soit le nœud (x, y) intérieur au domaine, ils vérifient la relation fondamentale

$$\sum_{\xi,\eta} \alpha(x, y, \xi, \eta) = 1.$$

Je laisse de côté les rapprochements curieux qu'on peut établir entre les formules de Green et les propriétés des formes quadratiques.

Pour étudier d'une façon plus complète les solutions du système (1) au point de vue de la convergence et de la continuité, il est utile d'en connaître des solutions particulières. Si l'on cherche à satisfaire à l'équation aux différences (1) par des exponentielles de la forme

$$z_{x,y} = u^{\frac{x}{h}} v^{\frac{y}{h}},$$

on trouve que u et v doivent vérifier la relation

$$u + \frac{1}{u} + v + \frac{1}{v} - 4 = 0.$$

En posant

$$u + \frac{1}{u} - 2 = t^2, \qquad v + \frac{1}{v} - 2 = t'^2,$$

on a

$$t^2 + t'^2 = 0.$$

On est ainsi conduit à prendre

$$u = (\sqrt{1+t^2} + t)^2, \qquad v = (\sqrt{1-t^2} + it)^2.$$

De la solution obtenue

$$z_{x,y} = (\sqrt{1+t^2} + t)^{\frac{2x}{h}} (\sqrt{1-t^2} + it)^{\frac{2y}{h}},$$

on en déduit d'autres par des intégrations de la forme

$$\int f(t) (\sqrt{1+t^2} + t)^{\frac{2x}{h}} (\sqrt{1-t^2} + it)^{\frac{2y}{h}} \, dt,$$

où t peut prendre des valeurs quelconques, réelles ou imaginaires.

Comme solutions intéressantes je signale les polynomes, qu'on obtient facilement, et les exponentielles, auxquelles on peut donner une forme plus simple.

Posons $t = \sin \frac{\alpha h}{2}$ et déterminons un nombre β par l'égalité

$$\beta = \frac{2}{h} \log \left(\sqrt{1 + \sin^2 \frac{\alpha h}{2}} \pm \sin \frac{\alpha h}{2} \right);$$

on a alors

$$(\sqrt{1+t^2} \pm t)^{\frac{2x}{h}} (\sqrt{1-t^2} + it)^{\frac{2y}{h}} = e^{\beta x + i\alpha y}.$$

Lorsque h tend vers zéro, le rapport $\frac{\beta}{\alpha}$ tend vers ± 1.

Toute solution de l'équation aux différences (1), qui prend, aux nœuds de la frontière, les valeurs données ζ, prend également aux nœuds intérieurs au domaine (D) les valeurs des inconnues $z_{x,y}$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un théorème de Jacobi.* Note de M. **Th. De Donder**, présentée par M. Appell.

I. Soient $\varphi_1, \ldots, \varphi_\alpha$, α invariants des n équations différentielles

$$(1) \qquad \frac{dx_1}{X_1} = \ldots = \frac{dx_n}{X_n} = dt;$$

$\varphi_1, \ldots, \varphi_\alpha$, $X_1, \ldots, X_n$ sont des fonctions de $x_1, \ldots, x_n$ et t.

Supposons qu'on puisse résoudre les équations

$$(2) \qquad \begin{cases} \varphi_1 = \varphi_1^*, \\ \ldots\ldots, \\ \varphi_\alpha = \varphi_\alpha^*, \end{cases}$$

par rapport à $x_1, \ldots, x_\alpha$, par exemple, en fonction des autres variables et des constantes *numériques* $\varphi_1^*, \ldots, \varphi_\alpha^*$; plus loin, nous poserons

$$\delta\varphi_1^* \equiv 0, \ldots, \delta\varphi_\alpha^* \equiv 0.$$

Pour que

$$(3) \qquad \underset{i_1 \ldots i_\beta}{\mathrm{S}} N_{i_1 \ldots i_\beta} \delta x_{i_1} \ldots \delta x_{i_\beta} \qquad \begin{cases} \beta \leqq n - \alpha, \\ i_1, \ldots, i_\beta = 1, \ldots, n, \end{cases}$$

soit un invariant intégral sur la variété invariante (2), ou encore, *pour*

que (3) *soit un invariant intégral du système réduit*

(4) $$\frac{dx_{\alpha+1}}{[X_{\alpha+1}]} = \ldots = \frac{dx_n}{[X_n]} = dt \quad (^1),$$

il faut et il suffit que

(5) $$\underset{i_1 \ldots i_\beta}{\mathrm{S}} N_{i_1 \ldots i_\beta} \partial x_{i_1} \ldots \partial x_{i_\beta} \partial \varphi_1 \ldots \partial \varphi_\alpha$$

soit un invariant intégral $(\alpha + \beta)$*-uple du système proposé* (1).

Ce théorème se démontre en considérant $\varphi_1^*, \ldots, \varphi_\alpha^*$ comme de nouvelles variables venant remplacer les variables $x_1, \ldots, x_\alpha$; l'hypothèse

$$\partial \varphi_1^* \equiv 0, \ \ldots, \ \partial \varphi_\alpha^* \equiv 0$$

est introduite ensuite, grâce au calcul symbolique propre à la théorie des invariants intégraux [2].

La forme de l'invariant (5) montre immédiatement que les conditions cherchées ne dépendent pas du choix des $(n - \alpha)$ variables indépendantes au moyen desquelles on exprime la variété invariante (2).

II. Soit M un *multiplicateur* (de Jacobi) du système proposé (1). Il résulte du théorème précédent que

(6) $$\frac{M}{\dfrac{\partial(\varphi_1, \ldots, \varphi_\alpha)}{\partial(x_1, \ldots, x_\alpha)}} \partial x_{\alpha+1}, \ldots, \partial x_n$$

est un invariant intégral du système réduit (4); dans (6), on a exprimé les $x_1, \ldots, x_\alpha$ en fonction de $x_{\alpha+1}, \ldots, x_n$ et t.

Le coefficient $M' \equiv M\left[\dfrac{\partial(\varphi_1, \ldots, \varphi_\alpha)}{\partial(x_1, \ldots, x_\alpha)}\right]^{-1}$ est un multiplicateur de (4); donc, si ce multiplicateur M′ est *indépendant de* t, l'expression

$$M' \sum_{\alpha+1}^{n} (-1)^i [X_i] \partial x_{\alpha+1} \ldots \partial x_{i-1} \partial x_{i+1} \ldots \partial x_n$$

est *une différentielle exacte* $(n - \alpha - 1)$-uple (au sens de H. Poincaré).

(1) Dans le système (4), les *crochets* servent à indiquer qu'on a remplacé $x_1, \ldots, x_\alpha$ par leurs valeurs en fonction des variables conservées $x_{\alpha+1}, \ldots, x_n, t$.

(2) Ce théorème se montre très utile dans l'étude des ensembles ergodiques ou microcanoniques : Voir L. Boltzmann, *Sitzungsberichte*, Wien, 1871, p. 679-711, et C. Maxwell, *Transactions Philos. Society*, Cambridge, t. XII, 1879, p. 547-570.

Si $\alpha = n - 2$, on retrouve le théorème de Jacobi, relatif au *dernier* multiplicateur.

III. M. Appell [1] a donné à ce théorème une forme *symétrique* par rapport aux variables $x_1, \ldots, x_n$, pour le cas où $n = 3$. Le théorème (I) permet de généraliser ce résultat élégant.

Ainsi, pour $\alpha = n - 2$, on trouvera que

$$\int_c \frac{M}{R^2} \begin{vmatrix} \partial x_1 & \ldots & \partial x_n \\ X_1 & \ldots & X_n \\ \frac{\partial \varphi_1}{\partial x_1} & \ldots & \frac{\partial \varphi_1}{\partial x_n} \\ \ldots & \ldots & \ldots \\ \frac{\partial \varphi_{n-2}}{\partial x_1} & \ldots & \frac{\partial \varphi_{n-2}}{\partial x_n} \end{vmatrix} = 0$$

pour toute courbe *fermée* c prise sur la variété invariante (2); R^2 représente la somme des carrés des jacobiens de $\varphi_1, \ldots, \varphi_{n-2}$ par rapport aux variables $x_1, \ldots, x_n$ prises $(n-2)$ à $(n-2)$.

On a supposé que M, $\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_{n-2}$ ne renferment pas t explicitement.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la détermination des problèmes d'Hydrodynamique relatifs à la résistance des fluides.* Note de M. **Henri Villat**, présentée par M. Émile Picard.

Je me propose d'indiquer ici une conséquence, sans doute importante, de mes dernières recherches sur les mouvements des fluides parfaits en présence d'obstacles solides. On sait que les équations de l'Hydrodynamique pour l'état permanent donnent, quand on impose partout dans le fluide la continuité des vitesses et des pressions, des solutions inacceptables : la pression obtenue devient généralement infinie négative en quelque endroit, et reste négative dans des régions étendues. L'introduction des surfaces de discontinuité a permis, comme il est maintenant bien connu, de trouver dans des cas nombreux une solution échappant à cette difficulté.

Cette solution est-elle unique? En d'autres termes, les équations du mouvement permanent d'un fluide irrotationnel en présence d'un obstacle

(1) P. Appell, *Comptes rendus*, Paris, le 4 novembre 1912.

donné, ont-elles une solution bien déterminée, pour laquelle les vitesses soient continues presque partout (exception faite peut-être pour quelques surfaces de discontinuité) et pour laquelle la pression soit continue et partout positive? On suppose connue (en grandeur et direction) la vitesse du courant fluide à l'infini, et l'on donne la pression en un point (par exemple à l'infini).

Cette question doit être résolue par la négative, ainsi que l'a déjà pressenti M. Boussinesq, qui signalait le fait comme probable dans un récent Mémoire. *Les équations de l'Hydrodynamique peuvent avoir plus d'une solution de la nature indiquée;* j'ai déterminé une infinité de cas généraux où il en existe au moins deux, acceptables au même titre du point de vue physique. Je vais indiquer brièvement ci-dessous une catégorie de tels cas, relatifs à des mouvements plans.

Le courant fluide arrivant dans le sens positif de l'axe Ox avec la vitesse *un*, je considère le solide formé de deux lames rectilignes inclinées sur cette axe de deux angles donnés $\delta \pm \alpha$; *je suppose* $\alpha > \frac{\pi}{2}$, et δ assez petit pour que le courant pénètre dans la concavité de l'obstacle. Ceci posé, on obtient une première solution en appliquant intégralement les résultats de M. T. Levi-Cività [1], en prenant pour la fonction arbitraire ω

$$\omega = \frac{i}{\pi}(\delta-\alpha)\log\frac{\zeta e^{is_0}-1}{e^{is_0}-\zeta} + \frac{i}{\pi}(\delta-\alpha+\pi)\log\frac{(\zeta e^{is_1}-1)(e^{is_0}-\zeta)}{(e^{is_1}-\zeta)(\zeta e^{is_0}-1)} + \frac{i}{\pi}(\delta+\alpha)\log\frac{e^{is_1}-\zeta}{\zeta e^{is_1}-1}.$$

Les constantes seront liées par la relation

$$s_0 - s_1 = \delta + \alpha\left(1 - 2\frac{s_1}{\pi}\right).$$

Il est facile de s'assurer que la solution ainsi construite est valable et fournit pour la pression une valeur partout positive.

Partons maintenant de la fonction suivante [que j'ai déjà considérée dans une Note récente, à propos d'une question voisine de la question

---

(1) T. Levi-Cività, *Scie e leggi di resistenza* (*Circolo di Palermo*, 1907). Je conserve dans les lignes suivantes les notations de ce Mémoire, à part le changement de σ_0 en s_0.

actuelle (¹)] :

$$\Omega(t) = i \log \frac{\sigma\left(\frac{\omega_1}{i\pi}\log t - \frac{\omega_1}{\pi}s_0\right)}{\sigma\left(\frac{\omega_1}{i\pi}\log t + \frac{\omega_1}{\pi}s_0\right)} + \left(\frac{2\eta_1\omega_1}{\pi^2}s_0 + \frac{\log r_1}{\pi}\right)\log t + \pi - \alpha - \delta,$$

où σ est la fonction de Weierstrass construite au moyen des demi-périodes ω_1 et ω_3; et, entre les constantes s_0, r_1, ω_1, ω_3, imposons-nous, en plus des trois conditions énoncées explicitement dans la Note rappelée (²), la condition supplémentaire suivante :

$$\zeta_1\left(\frac{\omega_1}{\pi}s_0\right) - \frac{\eta_1}{\pi}s_0 - \frac{\log r_1}{2\omega_1} = 0,$$

dans laquelle ζ_1 est la fonction elliptique connue.

Sous ces conditions, *qui ne sont pas incompatibles*, on peut établir une nouvelle solution du problème : Le fluide mobile dans le plan $z = x + iy$, correspond à la demi-couronne supérieure $e^{-\frac{\pi\omega_3}{i\omega_1}} \leqq |t| \leqq 1$, d'un plan t, par les relations

$$f = a\left[\frac{2e_1^2 + e_2e_3 - \left(p\frac{i\gamma}{2} - e_1\right)^2}{p'\frac{i\gamma}{2}} - \frac{1}{2}\,\frac{p'\left(\frac{\omega_1}{\pi}\log t + \frac{i\gamma}{2} - \omega_3\right) + p' i\gamma}{p\left(\frac{\omega_1}{\pi}\log t + \frac{i\gamma}{2} - \omega_3\right) - p\, i\gamma}\right]^2$$

et

$$\frac{df}{dz} = e^{i\Omega(t)}.$$

Pour des valeurs de δ comprises entre certaines limites, la solution ainsi obtenue est aussi acceptable et donne des pressions partout positives. Or, on peut démontrer qu'*il est possible de choisir les constantes dans les deux solutions ci-dessus, de façon qu'elles fournissent identiquement le même obstacle*, les deux lames ayant même longueur et même orientation dans les deux cas.

Rien ne permet actuellement de dire quelle est, de ces deux solutions, celle qui fournit, pour le mouvement véritable, l'approximation la plus

(¹) *Comptes rendus*, t. 154, p. 1693.

(²) *Comptes rendus*, t. 154, p. 1694. Je profite de l'occasion pour rectifier une erreur typographique : au premier membre de la première condition, il faut lire $p\frac{\omega_1}{\pi}s_0$ et non $\gamma\frac{\omega_1}{\pi}s_0$.

grande. Il est probable que, seules, des considérations de viscosité ou de stabilité pourraient permettre le meilleur choix. Cette recherche nécessiterait sans doute des progrès importants concernant l'étude du mouvement non permanent des fluides en présence d'obstacles donnés. Et l'existence possible de plusieurs mouvements permanents, pour une même configuration d'obstacle, n'est pas de nature à simplifier cette étude.

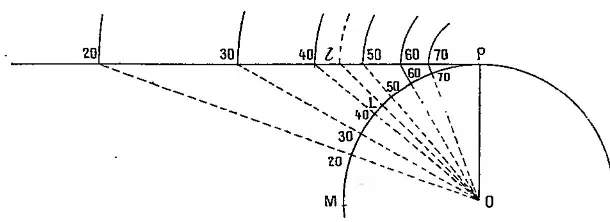
NAVIGATION. — *Tracé et usage des cartes pour la navigation orthodromique construites sur les plans tangents aux pôles.* Note de M. **Gernez**, présentée par M. Hatt.

A. Principe et construction de ces cartes :

Si l'on joint le centre de la sphère terrestre aux points de sa surface et si l'on prolonge les rayons ainsi déterminés jusqu'au plan tangent à un pôle, on obtient sur ce plan une carte où tous les grands cercles de la sphère sont représentés par des droites (intersections du plan tangent par les plans de ces grands cercles qui contiennent tous le centre).

Les méridiens sont projetés suivant des droites concourantes au pôle et formant entre elles des angles égaux aux différences de leurs longitudes.

Fig. 1.



Les parallèles de latitude sont représentés par des cercles concentriques (intersections du plan de la carte par des cônes circulaires droits ayant pour sommet commun le centre de la sphère et pour directrices les cercles des parallèles de latitude de la sphère). Le rayon de chaque cercle étant proportionnel à la tangente de la colatitude augmente à mesure qu'on s'éloigne du pôle; le rayon de l'Équateur est infini, aussi l'Équateur ne peut-il être tracé sur ces cartes.

Pour déterminer pratiquement les rayons des parallèles de latitude, on trace un cercle O de rayon ρ et la tangente en P (*fig.* 1). L'arc MP étant divisé en degrés de

o à 90, on mène les rayons tels que OL jusqu'à leurs rencontres l avec la tangente en P. Pl est, sur la carte, le rayon du cercle de latitude L. On peut faire varier la grandeur de la carte en changeant le rayon ρ.

B. Résolution des problèmes de la navigation orthodromique :

1° Pour tracer la route orthodromique, on joint par une droite le point de départ et le point d'arrivée. On détermine la position sur la carte du vertex (point de l'arc de grand cercle dont la latitude est la plus élevée) en abaissant du pôle la perpendiculaire sur la droite représentant l'arc de grand cercle.

Si l'on ne veut pas dépasser une latitude L (*fig.* 2), on trace sur la carte le parallèle

Fig. 2.

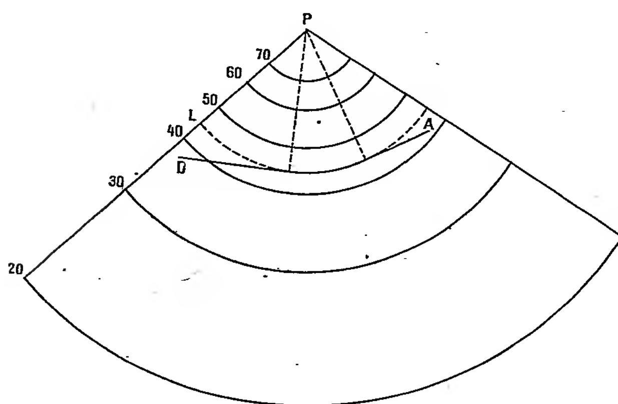
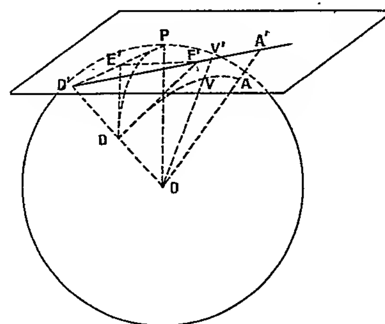


Fig. 3.



de latitude L; les tangentes à ce cercle menées du point de départ et du point d'arrivée représentent les parties orthodromiques de la route mixte.

2° Pour évaluer la distance orthodromique entre les deux points D et A *de la sphère*, connaissant D'A' *de la carte* (*fig.* 3), l'arc DA ayant même mesure que l'angle compris entre les côtés OD et OA, on construit à l'échelle de la carte le triangle D'A'O et l'on mesure l'angle $\widehat{D'OA'}$ de la façon suivante :

Chaque carte porte le cercle qui a servi à la construire, avec la tangente au pôle P. L étant la latitude du vertex, sur le cercle de construction de la carte on trace le rayon joignant O et la division L (*fig.* 4) jusqu'à sa rencontre v avec la tangente en P. Lv représente *à l'échelle de la carte* la distance VV' de la figure 3. De v on élève la perpendiculaire à Ov, et l'on porte sur cette droite les longueurs vd et va égales à V'D' et V'A' *de la carte*. On mène les droites Od et Oa; le rapporteur donne alors la valeur de l'angle $\widehat{dOa}$ et, par suite, en minutes, c'est-à-dire en milles marins la distance orthodromique cherchée.

3° Déterminer l'angle de route initial, angle de DE' tangente en D au méridien et de DF' tangente en D à l'arc de grand cercle (*fig.* 3). La droite DE' coupe le plan de la carte en E' sur PD'; la droite DF' coupe ce plan en F' sur D'V'; menons E'F' :

l'angle $\widehat{D}$ du triangle DE′F′ étant l'angle de route cherché, on construit ce triangle de la façon suivante, à l'aide de ses trois côtés :

Sur le cercle de construction de la carte (*fig.* 5), on mène par *d*, latitude du point de départ D, le rayon O*d* jusqu'à sa rencontre en *d′* avec la tangente en P, et en *d* on élève la perpendiculaire à O*d′*, elle rencontre en *e* la tangente en P. *de* est, *à l'échelle de la carte*, la longueur DE′ de la figure 3.

De O comme centre, avec O*v* déjà trouvé (*fig.* 4) comme rayon, on décrit un arc

Fig. 4.

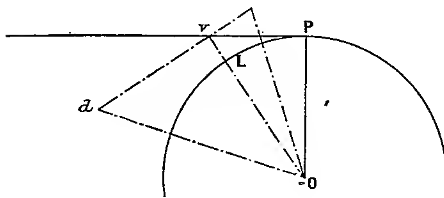
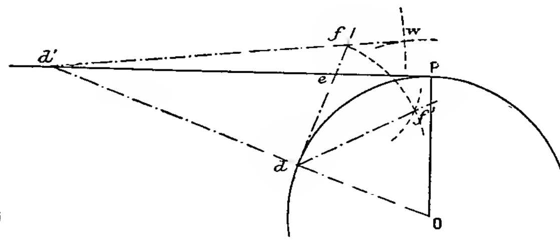


Fig. 5.



de cercle; de *d′* comme centre, avec un rayon égal à D′V′ *mesuré sur la carte*, on décrit un arc de cercle; ces deux arcs de cercles se coupent en *w*. On joint *d′w*; le point *f* où *de* coupe *d′w* correspond au point F′, et *df* est, *à l'échelle de la carte*, la longueur DF′ de la figure 3.

Portant alors *sur la carte* la longueur *wf* sur V′D′ et la longueur P*e* à partir du pôle sur le méridien du point de départ, on joint *ef sur la carte*: cette droite est le côté E′F′ de la figure 3.

De *d* comme centre, avec *df* pour rayon, on trace un arc de cercle; de *e* comme centre, avec *ef trouvé sur la carte* pour rayon, on trace un arc de cercle; ces deux arcs de cercles se coupent en *f′*; on joint *f′d* : l'angle de route cherché est l'angle $\widehat{f'de}$. On le mesure au rapporteur, et la carte indique clairement comment il faut le compter.

MÉCANIQUE. — *Sur la déformation des ondes dans les gaz et sur les interférences finies.* Note (1) de M. L. **Crussard**, présentée par M. L. Lecornu.

Soit un gaz parfait, pression P, volume spécifique V, vitesse du son $S = \sqrt{\gamma PV}$, γ étant le rapport, supposé constant, des chaleurs spécifiques.

---

(1) Présentée dans la séance du 3 février 1913.

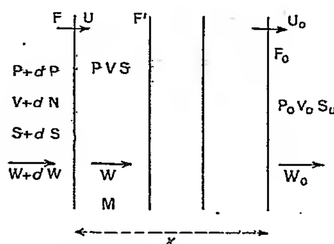
La loi ordinaire des modifications adiabatiques peut évidemment s'écrire

(1) $$SV^{\alpha} = \text{const.},$$

en posant $2\alpha = \gamma - 1$.

Ceci posé, proposons-nous de voir comment se déforme, dans sa propagation, une onde plane continue qui traverse ce gaz. Décomposons cette onde en tranches infiniment petites, et soit F le front devant lequel, à

Fig. 1.



l'instant t, sont réalisés l'état PVS et la vitesse W. La tranche qui suit F porte, dans la précédente, un ébranlement infiniment petit qui se propage donc avec la vitesse S; ainsi F chemine d'un mouvement uniforme avec la vitesse S par rapport au milieu PVS, et avec la vitesse absolue $U = S + W$.

Tout revient donc à la connaissance de S. L'équation de continuité donne visiblement

$$V\,dW + S\,dV = 0;$$

mais, d'après (1),

$$V\,dS + \alpha S\,dV = 0;$$

donc

$$dS = \alpha\,dW$$

et, par suite,

(2) $$S - S_0 = \alpha(W - W_0)$$

ou, en posant $\beta = \frac{\gamma + 1}{2}$,

(3) $$U - U_0 = \beta(W - W_0).$$

Ceci dit, la structure de l'onde à l'époque t sera commodément définie par la distance $x = f(W)$ qui sépare chaque front F du front initial F_0, ou mieux encore par l'*échelonnement* $e = \frac{dx}{dW}$. En affectant de l'indice 0 les x et les e initiaux, on a donc

$$x = x_0 + (U_0 - U)t = x_0 - \beta(W - W_0)t$$

et

$$e = e_0 - \beta t. \tag{4}$$

L'équation (4) résout la question de déformation. En particulier :

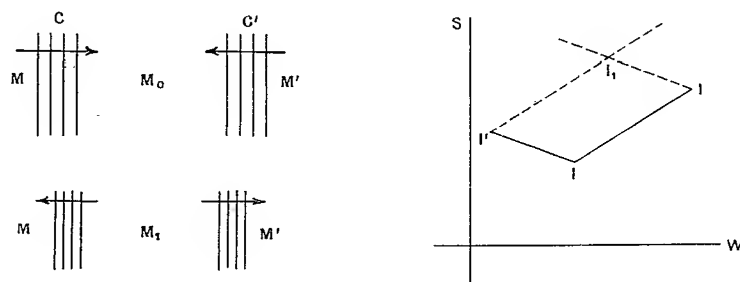
1° Une onde à échelonnement originellement uniforme conserve ce caractère ; le front va se raidissant jusqu'à l'époque $t = \frac{e_0}{\beta}$, où tous les fronts F se rejoignent en même temps [1].

2° D'une façon générale, l'onde continue donne tôt ou tard naissance à une onde de choc. Cette circonstance se présente quand deux fronts voisins F et F' se rejoignent, c'est-à-dire quand e s'annule. L'onde de choc fait donc son apparition dans la tranche F pour laquelle l'échelonnement originel e_0 est minimum, et ceci à l'époque $\frac{e_0}{\beta}$. Ainsi une onde à échelonnement croissant (e croissant avec ϖ) se raidit par la tête F_0 ; dans une onde à échelonnement décroissant, l'onde de choc naît à la queue.

Interférences finies. — L'équation (2) permet de voir ce que devient la règle classique des interférences dans le cas d'ébranlements finis.

Usons pour cela d'une représentation graphique, et figurons l'état du

Fig. 2.



milieu M, en avant de F, par un point I d'abscisse W et d'ordonnée S. Si I_0 représente le milieu initial $M_0(W_0 S_0)$, tout état M réalisé par le passage d'une onde continue sera figuré par un point I situé [d'après l'équation (2)] sur une droite $I_0 I$ de coefficient angulaire α. De même, une onde

---

(1) La question a été traitée par Hugoniot, *Journ. Éc. Polyt.*, 58e cahier, mais comme Hugoniot prend, pour définir l'onde, non sa structure originelle, mais le mouvement d'un piston capable de l'engendrer, la simplicité de cette structure s'en trouve masquée. J'apprends, au contraire, qu'elle a été signalée par lord Rayleigh.

cheminant dans M_0 et en sens inverse réaliserait des états M′ représentés par une droite symétrique $I_0 I'$.

Cette remarque préliminaire faite, on peut résoudre la question des interférences. Deux ondes C, C′ marchent l'une vers l'autre dans un milieu M_0 qu'elles amènent respectivement aux états M et M′; elles se rejoignent, se traversent; les ondes élémentaires qui les constituent se rencontrent entre elles et ces rencontres, se faisant suivant les lois données par Hugoniot, laissent finalement le milieu dans un nouvel état M_1 qu'il s'agit de déterminer.

La solution est immédiate; écrire (géométriquement) que M_1 est réalisé par propagation vers la droite à partir de M′ et vers la gauche à partir de M revient, en effet, à placer le point I_1, représentatif de M_1, au quatrième sommet du parallélogramme $II'I_0$. Conséquemment :

1° L'accroissement de vitesse dans M_1 est la somme algébrique des accroissements de vitesses de M et M′

$$(W_1 - W_0) = (W - W_0) + (W' - W_0).$$

Cette formule a été déjà donnée par M. Taffanel.

2° L'accroissement de vitesse du son depuis M_0 est la somme algébrique des accroissements que portent M et M′

$$S_1 - S_0 = (S - S_0) + (S' - S_0).$$

Les réflexions sur fond fermé ou ouvert s'en déduisent immédiatement.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur un problème important dans la Physique cosmique.* Note de M. **Carl Störmer.**

Nous allons donner quelques résultats nouveaux sur le problème envisagé dans ma Note du 25 novembre 1912, à savoir : « Trouver le mouvement d'un corpuscule électrisé dans le champ d'un aimant élémentaire, en supposant que le corpuscule soit soumis aussi à l'action d'une force centrale émanant de l'aimant et inversement proportionnelle au carré de la distance. »

En plaçant l'aimant à l'origine avec son axe coïncidant avec l'axe des z, j'avais trouvé (1) pour les coordonnées semipolaires R, z et φ du corpuscule

(1) Voir ma Note : *La structure de la couronne du Soleil dans la théorie d'Arrhenius* (*Comptes rendus* du 6 mars 1911).

les équations

$$\text{(I)}\quad \left\{ \begin{array}{l} \dfrac{d\varphi}{dt} = \dfrac{C}{R^2} - \dfrac{aM}{r^3}, \\ \dfrac{d^2R}{dt^2} = \dfrac{1}{2}\dfrac{\partial Q}{\partial R}, \qquad \dfrac{d^2z}{dt^2} = \dfrac{1}{2}\dfrac{\partial Q}{\partial z}, \qquad \left(\dfrac{dR}{dt}\right)^2 + \left(\dfrac{dz}{dt}\right)^2 = Q, \end{array} \right.$$

où

$$Q = C_1 - \frac{2bm}{r} - \left(\frac{C}{R} - \frac{aMR}{r^3}\right)^2,$$

t étant le temps, a, b, M et m des constantes caractéristiques des forces et de la nature du corpuscule, et C et C_1 étant des constantes d'intégration. Quant au produit aM nous supposons l'orientation de l'axe des z choisie de manière qu'il soit positif.

Pour discuter le système (I) et en déduire par exemple les parties d'espace en dehors desquelles chaque trajectoire ne puisse sortir, il est essentiel de réduire le nombre des constantes autant que possible. Nous allons voir qu'en posant

$$R = \alpha R_1, \qquad z = \alpha z_1, \qquad r = \alpha r_1 \qquad \text{et} \qquad t = \beta\tau,$$

où α et β sont des constantes convenablement choisies, on réduira le système (I) au suivant :

$$\frac{d\varphi}{d\tau} = U$$

$$\frac{d^2R_1}{d\tau^2} = \frac{1}{2}\frac{\partial Q_1}{\partial R_1}, \qquad \frac{d^2z_1}{d\tau^2} = \frac{1}{2}\frac{\partial Q_1}{\partial z_1}, \qquad \left(\frac{dR_1}{d\tau}\right)^2 + \left(\frac{dz_1}{d\tau}\right)^2 = Q_1 + h,$$

h étant constante et ici la fonction Q_1 contient seulement une constante et la fonction U aucune.

En effet, on y arrive en posant :

1° Si $C > 0$:

$$\alpha = \frac{aM}{C}, \qquad \beta = \frac{a^2M^2}{C^3}, \qquad h = \frac{a^2M^2}{C^4}C_1, \qquad U = \frac{1}{R_1^2} - \frac{1}{r_1^3},$$

$$Q = -\frac{D}{r_1} - \left(\frac{1}{R_1} - \frac{R_1}{r_1^3}\right)^2$$

avec

$$D = 2\frac{aM\,bm}{C^3};$$

2° Si $C = -\Gamma$, $\Gamma > 0$:

$$\alpha = \frac{aM}{\Gamma}, \qquad \beta = \frac{a^2M^2}{\Gamma^3}, \qquad h = \frac{a^2M^2}{\Gamma^4}C_1, \qquad U = -\frac{1}{R_1^2} - \frac{1}{r_1^3},$$

$$Q_1 = -\frac{D}{r_1} - \left(\frac{1}{R_1} + \frac{R_1}{r_1^3}\right)^2$$

avec

$$D = 2\frac{aM\,bm}{\Gamma^3};$$

3° Si C = o :

$$\alpha = (aM)^{\frac{2}{3}}(2\,|\,bm\,|)^{-\frac{1}{3}}, \qquad \beta = \frac{aM}{2\,|\,bm\,|}, \qquad h = (aM)^{\frac{2}{3}}(2\,|\,bm\,|)^{-\frac{4}{3}}C_1,$$

$$U = -\frac{1}{r_1^3}, \qquad Q_1 = \pm\frac{1}{r_1} - \frac{R_1^2}{r_1^6},$$

le signe + à choisir, si $bm > 0$; le signe —, si $bm < 0$.

Cela posé, on obtient une idée très suggestive de la forme des courbes

$$R_1 = R_1(\tau), \qquad z_1 = z_1(\tau)$$

et par là des trajectoires dans l'espace en étudiant les lignes de niveau $Q_1 =$ const. et *en interprétant* R_1 *et* z_1 *comme les coordonnées cartésiennes d'un point matériel de masse* 1 *se mouvant dans le champ de force définie par la fonction de force* $\frac{1}{2}Q_1$.

La construction graphique des lignes de niveau $Q_1 =$ const. est facile, ces lignes étant les courbes diagonales pour les réseaux de courbes :

$$r_1 = \frac{D}{\lambda}, \qquad \frac{1}{R_1} - \frac{R_1}{r_1^3} = \sqrt{\mu} \qquad \text{dans le cas 1°,}$$

$$r_1 = \frac{D}{\lambda}, \qquad \frac{1}{R_1} + \frac{R_1}{r_1^3} = \sqrt{\mu} \qquad \text{dans le cas 2°,}$$

et

$$r_1 = \frac{1}{\lambda}, \qquad \frac{R_1}{r_1^3} = \sqrt{\mu} \qquad \text{dans le cas 3°,}$$

λ et μ étant des constantes auxquelles on donne une série de valeurs équidistantes et avec même intervalle.

Quant à la discussion théorique des lignes de niveau, il est surtout important de trouver leurs points doubles (ξ, η), c'est-à-dire *les points d'équilibre* dans l'interprétation mécanique adoptée. Ils correspondent précisément aux trajectoires circulaires, dont j'ai démontré l'existence dans un Mémoire paru en 1907 [1]. Aux environs d'un point d'équilibre on aura

$$Q_1 + h = A'(R_1 - \xi)^2 + B'(R_1 - \xi)(z_1 - \eta) + C'(z_1 - \eta)^2,$$

et en déterminant A', B' et C' on trouve les conditions de stabilité du mouvement autour du point d'équilibre, ce qui donne des renseignements correspondants sur les

---

[1] *Sur un problème relatif au mouvement des corpuscules électriques dans l'espace cosmique* (*Videnskabsselskabets Skrifter*, Christiania, 1907).

trajectoires aux environs des trajectoires circulaires dans l'espace. On arrive alors aux résultats suivants :

Premier cas. — Points d'équilibre $(\xi, 0)$ auxquels correspondent

$$D = -2\xi^{-1} + 6\xi^{-2} + 4\xi^{-3}, \qquad h = -\xi^{-2} + 4\xi^{-3} - 3\xi^{-4},$$
$$A' = -\xi^{-4} + 6\xi^{-5} - 6\xi^{-6}, \qquad B' = 0, \qquad C' = -\xi^{-4} + \xi^{-6};$$

donc stabilité, si $1 < \xi < 3 - \sqrt{3}$ et si $\xi > 3 + \sqrt{3}$; instabilité, si $0 < \xi < 1$ et si $3 - \sqrt{3} < \xi < 3 + \sqrt{3}$.

Deuxième cas. — D'abord points d'équilibre $(\xi, 0)$ auxquels correspondent

$$D = -2\xi^{-1} - 6\xi^{-2} - 4\xi^{-3}, \qquad h = -\xi^{-2} - 4\xi^{-3} - 3\xi^{-4},$$
$$A' = -\xi^{-4} - 6\xi^{-5} - 6\xi^{-6}, \qquad B' = 0, \qquad C' = -\xi^{-4} + \xi^{-6};$$

donc stabilité, si $\xi > 1$; instabilité, si $0 > \xi < 1$.

En outre, des points d'équilibre $\xi = \cos^3\omega$, $\eta = \cos^2\omega \sin\omega$, ω étant un angle entre $-\frac{\pi}{2}$ et $+\frac{\pi}{2}$, auxquels correspondent

$$D = 12\cos^{-4}\omega, \qquad h = 8\cos^{-6}\omega,$$
$$A' = -21\cos^{-8}\omega + 12\cos^{-10}\omega - 4\cos^{-12}\omega,$$
$$B' = (-42\cos^{-9}\omega + 12\cos^{-11}\omega)\sin\omega,$$
$$C' = -21\cos^{-10}\omega\sin^2\omega;$$

comme ici $B'^2 - 4A'C'$ est égal à $-192\cos^{-22}\omega\sin^2\omega$, on aura stabilité, si le point n'est pas situé sur les axes de coordonnées.

Troisième cas. — Point d'équilibre $\xi = \sqrt[3]{4}$, $\eta = 0$, auquel correspond le signe + dans la formule donnant Q_1 et ensuite

$$h = -\frac{3}{8}\sqrt[3]{2}, \qquad A' = -\frac{3}{8}, \qquad B' = 0, \qquad C' = \frac{1}{16};$$

donc instabilité.

On en tire pour les trajectoires dans l'espace une série de conséquences intéressantes. On aura, par exemple, aux environs des trajectoires circulaires correspondant à des points d'équilibre, d'autres trajectoires qui ne sortent pas des espaces toroïdes fermés si l'on a stabilité ou qui s'approchent asymptotiquement du cercle en question dans le cas d'instabilité; en particulier, si $c > 0$ et $3 - \sqrt{3} < \xi < 3 + \sqrt{3}$, ces dernières sont situées dans le plan équatorial de l'aimant comme je l'ai déjà montré pour le cas $bm = 0$, en 1907 (1). Enfin il y a une grande variété de trajectoires périodiques et asymptotiques.

---

(1) Voir mon Mémoire *Sur l'aurore boréale, etc.*, dans les *Archives des Sciences physiques et naturelles*, Genève, 1907 (§ 20).

ÉLECTRICITÉ. — *L'inscription des signaux hertziens de l'heure. Possibilité d'inscrire directement et de déterminer sans calcul et au centième de seconde près l'heure envoyée par la Tour Eiffel.* Note (¹) de M. **Albert Turpain.**

En mai 1910, au début de l'émission des signaux hertziens de l'heure, alors que pendant la période d'essai ils furent envoyés à 8^h30^m du soir (du 9 au 22 mai 1910), j'ai pu enregister par la photographie les signaux hertziens de la Tour.

Le dispositif (²) employé donne les graphiques joints à cette Communication (*fig.* 1) de sensibilité telle qu'un courant de $0^{\mu\alpha},25$ produit un déplacement appréciable de la plume d'inscription.

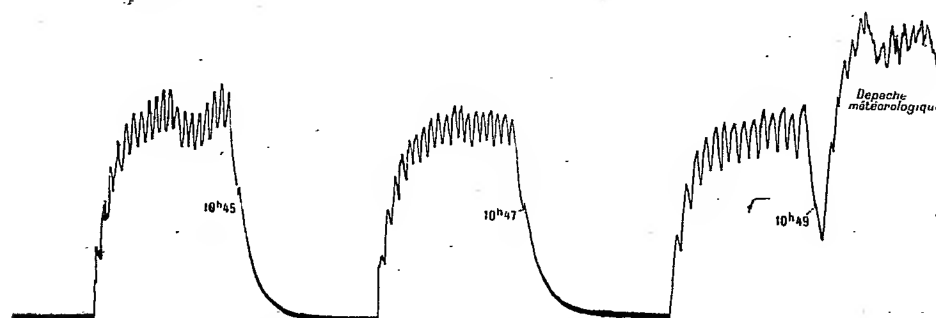


Fig. 1. — Inscription photographique des signaux de l'heure obtenus à Poitiers (300^{km} de la Tour Eiffel). Le cylindre inscripteur fait un tour en 6 minutes et demie. Les déplacements du spot atteignent 8^{cm} et 10^{cm}.

En disposant en batterie entre l'antenne et la terre cinq à six pointes électrolytiques ou des détecteurs à cristaux, on peut, au moyen d'un microampèremètre enregistreur très sensible ($0^{\mu\alpha},25$ déplace la plume d'inscription), obtenir des signaux de l'heure extrêmement nets. Ces inscriptions faites à Poitiers, à 300^{km} de la Tour, remontent à décembre 1911.

Cependant j'acquis la conviction que j'atteignais à peu près ainsi la limite de ce que le microampèremètre-enregistreur pouvait fournir. Je revins donc à l'enregistreur photographique en employant concurremment un galvanomètre à cadre et un galvanomètre à corde.

Dans une première série d'expériences je me suis proposé d'inscrire les

(¹) Reçue dans la séance du 27 janvier 1913.
(²) *Comptes rendus*, 28 mai 1912.

signaux de l'heure à – de seconde près. C'est tout ce que l'on peut espérer obtenir puisque le signal de l'heure présente lui-même cette durée.

Il s'agissait d'autre part de comparer à l'heure reçue celle d'un chronomètre muni ou non d'un contact électrique (chronomètre-chronographe de Fénon). Les secondes du chronomètre sont inscrites au moyen d'un milliampèremètre enregistreur inséré dans un circuit que ferme les battements du chronomètre. L'aiguille du milliampèremètre porte à l'extrémité, au lieu de plume, une lampe électrique minuscule (lampe d'épingle de cravate, 2 volts) enserrée dans un léger fourreau d'aluminium qui retient également un fragment de tube de verre (diamètre 9^{mm}) jouant le rôle de lentille. La lumière se trouve ainsi concentrée sur le papier de l'inscripteur photographique qui se déroule abrité par un cylindre opaque, à quelques millimètres de l'aiguille. Une fente laisse pénétrer le faisceau de lumière inscrivant les secondes du chronomètre. L'aiguille du milliampèremètre, munie de la source lumineuse qu'elle porte, se déplace sans frotter, à 1^{mm} ou 2^{mm} à peine de la fente Parallèlement, le spot lumineux du galvanomètre à cadre ou du galvanomètre à corde inscrit les signaux de l'heure, signaux avancés et tops.

Comme le montrent les graphiques ainsi obtenus (*fig.* 2) et joints à cette

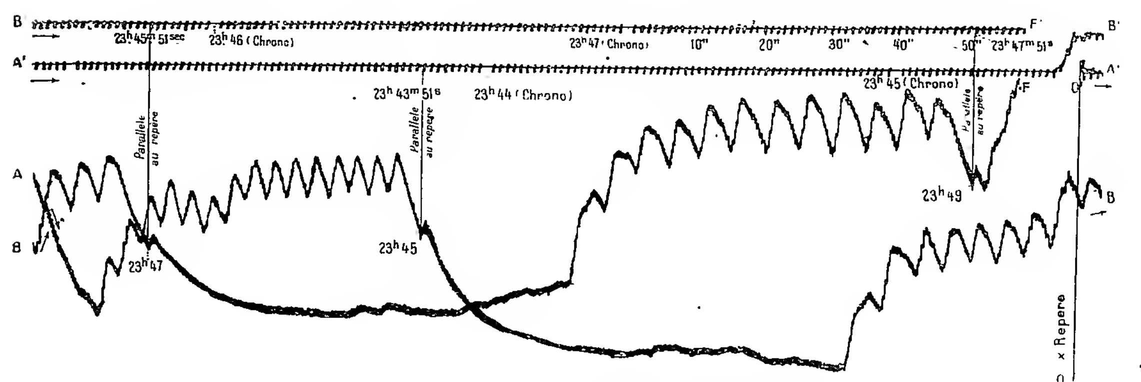


Fig. 2. — Comparaison de l'heure d'un chronomètre-chronographe Fénon aux signaux de l'heure envoyés par la Tour Eiffel. Inscriptions faites à Poitiers à 300^{km} de la Tour Eiffel. Le cylindre inscripteur fait un tour en 154 secondes. Tracé des signaux de l'heure : OAABBF. — Tracé des secondes successives du chronomètre : O'A'A'B'B'F'. Un peu avant $23^h 47^m$ on a brusquement déplacé le cylindre inscripteur suivant son axe pour permettre l'inscription sans confusion des trois signaux de l'heure. Entre $23^h 49^m$ et F s'aperçoit le début de la dépêche relative aux centièmes de seconde des tops radiotélégraphiques de $23^h 30^m$. A $\frac{1}{5}$ de seconde près le chronomètre étudié retarde de $1^m 9^s$.

Communication, on inscrit l'heure de la Tour et l'on y compare le chronomètre, situé à 300^{km} de Paris, avec une précision de $\frac{1}{5}$ de seconde.

Dans une seconde série d'expériences, je me suis proposé de faire servir les 180 tops radiotélégraphiques envoyés chaque nuit, vers $23^h 30^m$ par la Tour, avec un intervalle de $(1 - \frac{1}{50})$ de seconde, à la comparaison de l'heure du chronomètre à celle envoyée, au $\frac{1}{100}$ de seconde près.

La méthode des coïncidences, qui permet de déduire cette détermination de l'audition simultanée des tops radiotélégraphiques et des battements du chronomètre à comparer, réalise à vrai dire une sorte de vernier du temps, vernier pour les secondes.

L'application du dispositif que je viens de décrire à l'inscription des 180 tops radiotélégraphiques permet de traduire, par l'inscription photographique, ce vernier pour les secondes en un véritable vernier des longueurs. Que l'on compare l'inscription des 180 tops à l'inscription parallèle des secondes du chronomètre et les coïncidences se trouveront marquées comme lorsqu'on regarde une règle divisée et la position de son vernier. Sans s'astreindre à la détermination de la coïncidence auditive, forcément fugace et qui ne laisse pas de trace, on pourrait donc appliquer la méthode actuellement en usage et pour laquelle se fait chaque nuit l'envoi des 180 tops, en lisant à loisir le graphique photographique formant vernier. Mais cette opération n'est même pas nécessaire. L'Observatoire de Paris transmet chaque nuit, après les signaux de l'heure, les heures corrigées du 1er et du 180e top, cela au $\frac{1}{100}$ de seconde près. Il suffit dès lors d'inscrire parallèlement le 1er top et la seconde au cours de laquelle il se trouve envoyé. Si l'inscription photographique a lieu à une vitesse suffisante (l'emploi de films de cinématographe ou de pellicule kodak permet de défiler un décimètre à la seconde), on peut situer le top dans la seconde à un millimètre près, c'est-à-dire à $\frac{1}{100}$ de seconde près. Une vérification immédiate s'obtient d'ailleurs en inscrivant le 180e top et la seconde du chronomètre au cours de laquelle il se produit. Si l'on utilise une bande assez longue pour inscrire les 180 tops radiotélégraphiques parallèlement aux secondes du chronomètre, on possède un autre contrôle en calculant, par le relevé de coïncidences inscrites graphiquement, les heures des 1er et 180e tops.

Pour égaliser à coup sûr les temps perdus on peut faire servir le même galvanomètre à corde à l'inscription et des signaux de l'heure (tops radiotélégraphiques) et des secondes du chronomètre à comparer. Il suffit, pour distinguer les deux sortes d'inscription, de connecter les circuits de telle sorte que les tops provoquent une déviation à gauche et les secondes une déviation à droite.

Les résultats obtenus conduisent à deux types d'appareils inscripteurs de l'heure, l'un au $\frac{1}{5}$ de seconde, destiné à la comparaison d'un chronomètre aux signaux de l'heure, l'autre, au $\frac{1}{100}$ de seconde, destiné à inscrire le 1er ou le 180e top radiotélégraphique émis vers 23^h30^m et à le situer dans la seconde du chronomètre à comparer au $\frac{1}{100}$ de seconde près.

PHYSIQUE. — *Sur la chaleur latente de vaporisation des métaux.* Note de M. **Edm. van Aubel**, présentée par M. G. Lippmann.

Le quotient de la chaleur latente de vaporisation moléculaire d'un liquide par la température absolue d'ébullition sous la pression atmosphérique est constant. Cette

loi, connue sous le nom de *règle de Trouton*, a conduit à considérer comme liquides normaux ceux pour lesquels ce quotient est voisin de 20,5.

D'autre part, Wehnelt et Musceleanu [1] ont fait connaître récemment une méthode directe de mesure de la chaleur latente de vaporisation des métaux et ont donné les valeurs de cette constante physique pour le mercure, le cadmium, le zinc, le magnésium et le bismuth.

Les recherches de Kundt et Warburg, de V. Meyer ont montré la monoatomicité des vapeurs de mercure, de cadmium et de zinc; les expériences de von Wartenberg ont établi la même propriété pour les vapeurs de bismuth [2].

La propriété caractéristique des métaux de former des molécules monoatomiques résulte encore des recherches de Ramsay sur l'abaissement de tension de vapeur des amalgames dilués et des mesures de Heycock et Neville et de Tammann sur l'abaissement des points de congélation des solutions métalliques [3].

Il m'a paru intéressant de chercher à vérifier la loi de Trouton pour les métaux, en utilisant les mesures de Wehnelt et Musceleanu. Dans le Tableau suivant, les températures d'ébullition et les poids atomiques sont extraits des *Tables physico-chimiques de Landolt-Börnstein*, 4e édition, 1912, p. 1 et 190. Le calcul n'a pas été fait pour le magnésium, parce que le point d'ébullition de ce métal est inconnu, ainsi que l'on peut s'en assurer à l'aide des Tables de Landolt-Börnstein.

Métal.	Température absolue d'ébullition.	Poids atomique.	Chaleur latente de vaporisation.	Constante de Trouton.
Mercure.......	630	200,0	63,6	20,2
Cadmium	1051	112,4	181,0	19,36
Zinc..........	1191	65,4	365,8	20,08
Bismuth......	1708	208,0	161,5	19,66
Magnésium....		24,3	1700,0	

La loi de Trouton se vérifie donc très bien pour les métaux. En adoptant la valeur 20 comme constante de Trouton, on trouve pour le point d'ébullition du magnésium 1792° C. Ditte avait trouvé 1100° environ, Greenwood 1120° et von Wartenberg a indiqué une température supérieure à 2200°. Grüneisen [4] a déterminé, par des considérations théoriques, la température d'ébullition du magnésium sous la pression atmosphérique et a donné 1810° absolus.

---

(1) *Verhandlungen der deutschen physikalischen Gesellschaft*, t. XIV, 30 novembre 1912, p. 1034.

(2) Schenck, *Physikalische Chemie der Metalle*, 1909, p. 6.

(3) Schenck, *loc. cit.*, p. 34, 35 et 36.

(4) *Verhandlungen der deutschen physikalischen Gesellschaft*, t. XIV, 1912, p. 329.

ÉLECTRICITÉ. — *Déperdition électrique dans le système plan-sphère-air atmosphérique. Coefficient de dissymétrie, sa mesure.* Note de MM. **A. Guillet** et **M. Aubert**, présentée par M. Lippmann.

I. On sait que les charges *positives* et *négatives* manifestent leur individualité, dans un grand nombre de cas, par la dissymétrie qu'elles déterminent dans les phénomènes de même nature dont un système donné est le siège.

La présente Note est relative aux dissymétries du phénomène de la *déperdition électrique* dans l'édifice plan-sphère, P-S, selon que le plan reçoit une charge positive ou une charge négative.

Des indications de l'électromètre P-S, on déduit à chaque instant, le potentiel des armatures, leur charge, et par suite l'intensité apparente du courant de déperdition : l'état électrique de P-S est en effet complètement défini, pour des milieux donnés lorsque ρ est nul, par les valeurs initiales u_0, et actuelle u, de la distance du centre de la sphère au plan, le rayon de la sphère étant pris pour unité (¹). Pour abréger appelons ce rapport u, *paramètre de parcours*.

II. L'armature S, étant reliée au sol, et l'armature P isolée, on peut charger le système soit à l'aide d'une boule d'épreuve ε mise alternativement en contact avec un conducteur auxiliaire électrisé C et avec P, soit à l'aide d'éléments associés, d'un générateur statique ou d'induction. Comme les effets produits sont différents selon le mode de charge, bornons-nous au premier cas.

a. Le conducteur C *est électrisé positivement et le paramètre de parcours a la valeur initiale* u_0. — On constate dans ces conditions que la sphère S se rapproche d'abord progressivement du plan P à chaque contact de ε, puis refuse de dépasser une position, qu'on peut appeler *position d'arrêt*, correspondant au potentiel V_p et à la valeur u_p.

b. Le conducteur C *est électrisé négativement.* — Mêmes observations avec positions d'arrêt pour les potentiels V_n et les paramètres de parcours u_n.

Voici une série de nombres obtenus dans des mesures d'essais avec un appareil

---

(¹) A. Guillet et M. Aubert, *Théorie et mode d'emploi d'un nouvel électromètre absolu* (*Journal de Physique*, 1912, p. 990).

formé d'une sphère polie en aluminium de 14^{mm} de diamètre et un disque de laiton poli, séparés par l'air du laboratoire, et à des époques différentes :

TABLEAU I.

V_p (u.e.s.).	u_p.	$V_p : u_p$.	V_n.	u_n.	$V_n : u_n$.
26,05	2,937	8,87	34,85	2,911	11,97
24,31	2,672	9,10	31,77	2,646	12
22,22	2,407	9,23	28,74	2,379	12,08
19,72	2,143	9,20	25,57	2,111	12,11
18,02	1,871	9,63	23,32	1,829	12,75
16,50	1,707	9,67	21,63	1,651	13,10

Variations de la distance de la sphère au plan : de $4^{mm},56$ à $13^{mm},37$ (pour V_p); de $4^{mm},95$ à $13^{mm},56$ (pour V_n) entre 5000 et 11000 volts.

Avec une sphère de $29^{mm},5$ de diamètre les potentiels d'arrêt sont, pour une même journée :

TABLEAU II.

V_p	48,834	44,979	36,276	32,648	23,227
V_n	61,165	56,021	45,710	41,071	29,150

d'où l'on déduit :

$\frac{V_n}{V_p}$	1,252	1,245	1,260	1,256	1,255

le potentiel variant de 18000 à 7000 volts, les distances de la sphère au plan de 11^{mm} à 26^{mm}, u_0 de 1,869 à 2,906 et u de 1,724 à 2,786.

A l'examen du Tableau I, on constate que les rapports $V_p : u_p$ et $V_n : u_n$ des potentiels d'arrêt aux paramètres de parcours correspondants varient très lentement. D'après le Tableau II, *les rapports $V_n : V_p$ des potentiels négatifs et positifs d'arrêt répondant à la même valeur initiale u_0 du paramètre de parcours, sont constants et égaux à $\delta = 1,253$.* Ce nombre peut être appelé *coefficient de dissymétrie* de la déperdition du système.

III. Partant d'une position d'arrêt quelconque et abandonnant le système électrisé P — S à lui-même, on relève périodiquement les positions du spot, à des époques $n\tau$ lues sur un chronomètre. Des coordonnées (u_0, u, t) on tire les coordonnées (V, t), par exemple, qu'on relie par une formule ou par une courbe. La méthode graphique conduit ainsi au tracé d'un réseau de couples de courbes C_+, C_-, un couple pour chaque valeur de u_0. Comme C_- part d'un potentiel plus élevé, la courbe C_- se trouve placée au-dessus de la courbe C_+. Si les valeurs u_0 et u'_0 sont convenablement

choisies, pour $u'_0 > u_0$, la courbe C'_+ pourra rencontrer la courbe C_- : les courbes se traversent alors tangentiellement en un point M. En un tel point les potentiels de déperdition V′ et V ont la même valeur absolue, ainsi que leurs dérivées par rapport au temps, la dissymétrie ne peut donc plus porter que sur les paramètres de parcours. Par exemple, pour $u'_0 = 2,906$ et $u_0 = 2,357$, la rencontre aura lieu pour $V' = -V = 11300$ volts (boule de $29^{mm},5$) et pour les valeurs $u' = 2,296$ et $u = 2,875$ des paramètres de parcours dont le rapport est 1,252. La coïncidence se maintient pour une variation de 750 volts de part et d'autre de 11300 volts. Les potentiels passent de 15000 à 8000 volts en 50 minutes (P, négatif), mais à partir de 8000 volts la déperdition directe devient de plus en plus faible.

IV. Des observations d'ordre général seront formulées, au terme d'un travail en cours, sur certaines modalités de la décharge des corps électrisés. Il est difficile, toutefois, lorsqu'on examine les faits à la lumière de « la théorie des ions gazeux », à laquelle se rattachent de si nombreux et si remarquables travaux, de ne pas rapporter à une même cause l'existence d'un coefficient de dissymétrie δ *imposé* par l'observation de la déperdition *directe*, et d'un rapport de mobilités $k_2 : k_1$ des ions négatifs et des ions positifs, tiré de la déperdition *provoquée*.

Pour l'air, les valeurs du rapport $k_2 : k_1$ déterminées par la méthode de la composition des vitesses (Zeleny) ou par la méthode de l'inversion du champ (Langevin) sont comprises entre 1,37 et 1,22.

Chattock a tiré, de l'étude de la répartition de la pression sur un plan conducteur relié au sol et provenant du vent électrique émanant d'une pointe très aiguë et fortement électrisée (+ ou −) placée en regard du plan, un rapport de mobilités trouvé d'abord égal à 1,45, puis ramené à 1,31 dans un second travail.

Il semble, d'après les faits rapportés plus haut, que l'emploi de la pointe est inutile et que la considération plus générale des potentiels d'arrêt, d'une observation rapide et simple, est préférable à l'effet secondaire de pression mis à profit par Chattock.

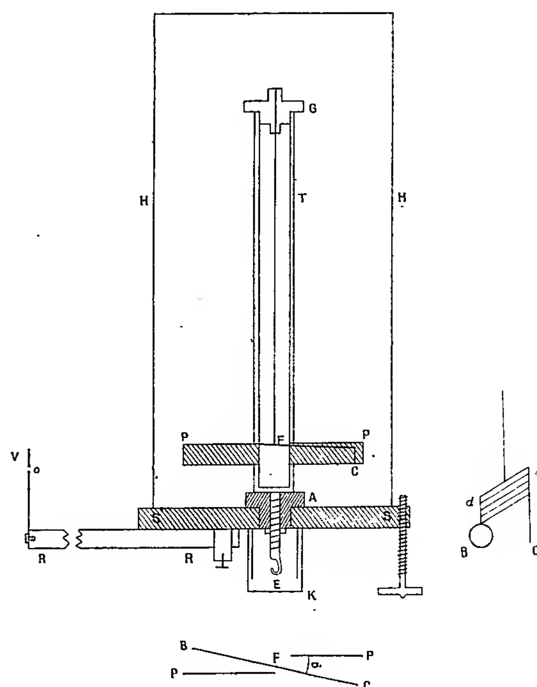
ÉLECTRICITÉ. — *Nouvel électromètre idiostatique*. Note de M. **V. Crémieu**, présentée par M. E. Bouty.

L'emploi thérapeutique de plus en plus fréquent de l'émanation du radium a obligé un grand nombre de personnes, étrangères à la Physique, à

faire des mesures de conductibilité gazeuse portant sur des courants de l'ordre de 10^{-12} ampère.

Le seul appareil actuel pratique, pour mesurer des courants aussi faibles en dehors d'un laboratoire, est l'électroscope à feuille d'or dont on observe les vitesses de chute à l'aide d'un microscope.

Les défauts de cet appareil tiennent à la fragilité de la feuille d'or, à la



variabilité de son élasticité de flexion, aussi bien qu'au mode d'observation. Celui-ci est fatigant et donne des mesures qui cessent d'être comparables dès que le champ de visée ne correspond plus rigoureusement au même écart angulaire de la feuille d'or par rapport à la verticale. De plus, il est impossible de faire varier la sensibilité de l'appareil, et l'on est obligé d'opérer toujours entre les mêmes limites de voltage.

Pour obvier à ces inconvénients, j'ai construit un électroscope de torsion, qui se comporte comme un véritable électromètre.

Il se compose d'un équipage mobile BC (*fig.* 1) formé d'un morceau de fil d'aluminium recourbé à une de ses extrémités de façon à former une petite alidade circulaire B, et à l'autre extrémité une pinnule C. Entre B

et C sont tendus quatre fils d'argent *dd*, de $\frac{1}{50}$ de millimètre, dont le frottement contre l'air suffit, pour une valeur convenable de la période d'oscillation, à amortir les mouvements de l'équipage.

Celui-ci est supporté par un ruban métallique de 25^{cm} de longueur, $0^{cm},001$ d'épaisseur et $0^{cm},01$ de largeur, dont l'extrémité est pincée dans un petit goniomètre G qui peut tourner à la partie supérieure d'un tube métallique T.

Au même niveau que l'équipage mobile, T porte deux palettes PP, disposées de chaque côté du plan vertical de BC.

Le tout est isolé par la pièce d'ambroïde A, au centre du socle à vis calantes SS, qui reçoit une cage cylindrique de protection HH, et un bouchon K.

Sur le socle on peut fixer une règle horizontale RR, de $0^{m},85$ de longueur, au bout de laquelle se placent deux disques métalliques verticaux V, percés d'un trou circulaire O, de 2^{mm} de diamètre. La distance des centres des trous O est réglable, suivant une direction normale à la règle RR.

Si, par E, on charge le système isolé, les palettes repoussent BC, qui décrit un angle α. Les trous O sont placés dans le prolongement de la direction de BC pour deux valeurs déterminées α_1 et α_2. L'appareil une fois chargé, si un courant agit sur lui, l'observateur placé derrière les disques V verra la pinnule couper diamétralement l'alidade pour $\alpha = \alpha_1$ derrière le premier trou, puis pour $\alpha = \alpha_2$ derrière le second.

La mesure d'un courant revient à compter le temps qui s'écoule entre ces deux intersections, et à le comparer au temps compté pour un courant connu, par exemple le courant de saturation dû à un disque d'oxyde d'uranium.

Capacité de l'appareil. — Pour que la répulsion électrique maintienne l'équipage dans la position définie par l'angle α, il faut que le potentiel ait une valeur qui dépende : 1° du couple de torsion W du ruban FF ; 2° de l'angle initial ω dont ce ruban est tordu par rapport au plan des palettes PP.

Pour une même valeur de α, le potentiel, et, par conséquent, la charge totale que prendra le système isolé, est proportionel à W et à ω, cet angle étant compté positivement quand il colle BC contre PP.

Le système isolé peut tourner sur le socle de façon à placer les palettes dans tous les azimuts possibles par rapport à la direction de la règle RR. D'autre part le goniomètre G permet de donner à ω toutes les valeurs qu'on désire.

On peut donc, très simplement, faire varier à volonté la capacité totale de l'appareil, et par suite sa sensibilité à la charge, au voltage, ainsi que le voltage auquel on opère.

Le Tableau suivant résume les constantes de l'appareil :

α.	ω.	Potentiel en volts.	Sensibilité au potentiel en volts par degré.	Vitesse angulaire par minute pour un courant de $1,4\times 10^{-11}$ ampère.	Vitesse linéaire correspondante à 85^{cm} du centre.	Capacité totale en centimètres.
20°	0°	114	6	7°36′	112^{mm}	10
60	0	535	22,2	2°33′	$37^{mm},8$	29
20	360	471	12			20
20	720	738	18			30
20	1080	972	24			40

La sensibilité limite dépend de l'isolement de l'appareil. Celui-ci présente une fuite spontanée qui, dans une atmosphère normale, entraîne à peine une vitesse de chute de 30′ par heure.

Si l'on convient de considérer comme mesurable un courant qui entraînera une vitesse dix fois plus forte, soit 5° à l'heure, on voit que la sensibilité limite est de 10^{-13} ampère.

En plus de sa grande sensibilité et de son mode d'observation qui dispense de tout réglage, l'appareil est d'une très grande solidité et peut supporter tous les survoltages sans qu'il y ait à craindre ni court circuit, ni rupture de l'équipage mobile. Une fois que l'angle α atteint 90°, l'équipage ne bouge plus quelles que soient les charges qu'on lui communique.

PHYSIQUE. — *Sur le phénomène de Hall dans l'antimoine.* Note de MM. **Jean Becquerel** et **L. Matout** et de Mlle **W. Wright**, présentée par M. Villard.

Dans une Note précédente (1), l'un de nous a étudié le phénomène de Hall dans le bismuth cristallisé. La force électromotrice de Hall est à la température de l'air liquide beaucoup plus grande qu'à la température ordinaire, et est la résultante de deux effets qui suivent des lois différentes : l'un, de sens positif, varie proportionnellement à l'intensité du champ magnétique ; l'autre, de sens négatif, atteint une saturation (2).

Il importait de rechercher avec d'autres métaux si le phénomène de Hall

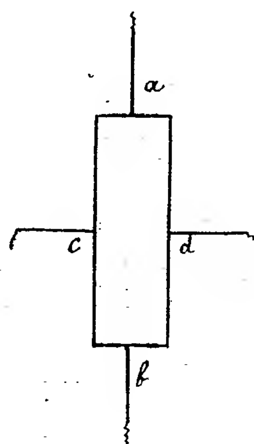
(1) Jean Becquerel, *Comptes rendus*, t. 154, 24 juin 1912, p. 1795.

(2) Voir sur cette question Kamerlingh Onnes et Bengt Beckman (*Comm. Phys. Lab. Leiden*, nos 129 et 130).

est généralement la superposition de plusieurs effets de natures différentes. Avec l'antimoine, les résultats obtenus sont aussi singuliers que ceux présentés par le bismuth, mais ils sont différents et encore plus inexpliqués.

La méthode employée est celle de Hall : une lame d'antimoine de quelques dixièmes de millimètre d'épaisseur est traversée entre a et b (*fig.* 1) par un courant de 1 à

Fig. 1.



2 ampères. On relie par un circuit contenant un galvanomètre sensible deux points c et d au même potentiel et l'on mesure le courant transversal permanent qui prend naissance dans ce circuit lorsqu'on produit un champ magnétique normal à la lame. Nous indiquerons ailleurs les détails du dispositif et de la méthode de mesure. Les chiffres adoptés sont les moyennes des valeurs obtenues avec les deux sens du champ magnétique et les deux sens du courant ab. Les résultats sont représentés par les courbes (*fig.* 2) qui donnent la différence de potentiel cd en fonction du champ magnétique, pour des lames de 1^{mm} d'épaisseur, traversées par un courant de 1^{amp}.

Nous avons employé trois lames ; chacune d'elles a été plongée dans un bain de pétrole à la température du laboratoire, puis dans de l'air liquide.

L'une des lames (courbes I et II) est taillée parallèlement au clivage principal, c'est-à-dire normalement à l'axe cristallographique principal ; le champ magnétique est, par conséquent, parallèle à cet axe.

Une autre lame (courbes V et VI) est parallèle à l'axe cristallographique.

Enfin la troisième lame (courbes III et IV) est taillée dans une direction quelconque au milieu d'une masse coulée. Nous l'avons désignée par *lame moyenne*, mais il faut remarquer qu'elle ne doit pas être véritablement *moyenne*, car il y a de grandes chances pour que les petits cristaux ne se trouvent pas orientés d'une façon quelconque.

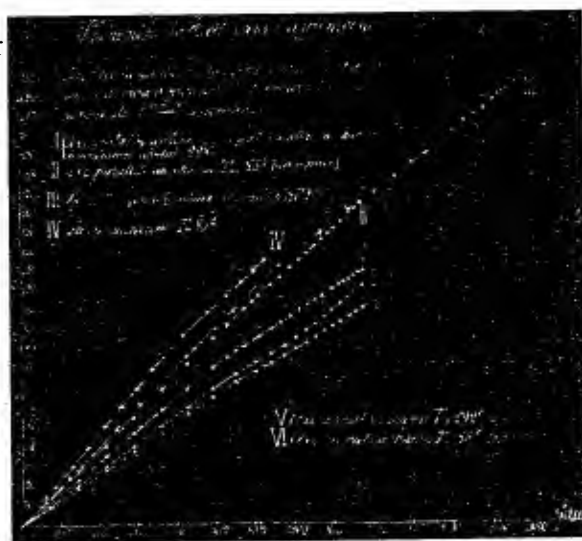
On constate les faits suivants :

a. L'effet Hall (de sens positif) est plus grand à basse température.

b. Comme on devait s'y attendre, le phénomène dépend de l'orientation des cristaux dans le champ magnétique. On remarquera que la lame moyenne a donné un effet notablement plus intense que chacune des deux lames taillées, l'une normalement, l'autre parallèlement à l'axe cristallographique principal.

c. Les courbes se composent de deux droites reliées par une courbe à inflexion. Une décomposition simple en deux ou plusieurs effets (comme

Fig. 2.



celle qui est évidente dans le cas du bismuth) n'apparaît pas ici. Y a-t-il superposition de plusieurs phénomènes? ou bien y a-t-il une influence de la variation de l'aimantation, dont doit dépendre le phénomène de Hall?

Une autre question qui se pose, d'une façon tout à fait générale d'ailleurs pour tous les métaux, est celle de l'influence des impuretés. Dans le cas du bismuth, par exemple, nous pensons que des traces de tellure modifient considérablement l'effet Hall : des expériences sont préparées en vue d'élucider cette question.

Bien que ne pouvant apporter aujourd'hui aucune explication des faits observés, nous avons pensé qu'il était utile de les signaler, car ils ne semblent guère s'accorder avec les théories actuelles des phénomènes galvanomagnétiques. La plupart des physiciens qui se sont occupés de ces

questions n'ont mesuré l'effet Hall que pour un très petit nombre de valeurs de l'intensité du champ et n'ont pas déterminé la loi de variation du phénomène : cependant la force électromotrice de Hall n'est pas toujours proportionnelle au champ, et l'étude des écarts, tels que ceux que présente l'antimoine, sera un excellent guide dans la recherche d'une théorie satisfaisante de ces phénomènes.

RADIOACTIVITÉ. — *Décomposition de l'eau par les rayons α.* Note de MM. **William Duane** et **Otto Scheuer**, présentée par M. A. Haller.

Depuis que M. Giesel (¹) a découvert la décomposition de l'eau par les sels du radium, ce phénomène a été l'objet de plusieurs recherches dont le résultat est que, suivant la méthode expérimentale et la nature des rayons utilisés, l'eau liquide est décomposée en hydrogène et oxygène ou en hydrogène et eau oxygénée.

Nous avons entrepris une étude sur la décomposition de l'eau à l'état liquide, solide et gazeux par les rayons α en nous imposant comme conditions expérimentales :

1° D'utiliser une source concentrée des rayons α réagissant sur la quantité d'eau strictement nécessaire pour les arrêter, et de réduire au minimum l'influence des rayons plus pénétrants β et γ, en répartissant l'eau en une couche mince et uniforme autour de cette source;

2° De soustraire au rayonnement, dans la mesure du possible, le gaz produit au fur et à mesure de son dégagement, sans avoir à le sortir de l'appareil;

3° De pouvoir poursuivre la marche de l'expérience pendant un temps assez long en mesurant, à des intervalles déterminés, la quantité de gaz dégagé dont on faisait ensuite l'analyse pour connaître sa composition;

4° De chercher une relation entre l'intensité du rayonnement absorbé par l'eau et la masse d'eau décomposée.

Pour la décomposition de l'eau liquide, effectuée à la température ordinaire, et de la glace à celle de l'air liquide, nous avons employé un appareil basé sur le principe de la jauge Mac Leod, dont la description complète sera donnée ultérieurement. Nous nous bornerons à dire qu'une partie de l'appareil permettait d'introduire l'eau purifiée, exempte de tout gaz étranger, dans un tube capillaire de diamètre intérieur de $0^{mm},9$

(¹) *Berliner Berichte*, t. XXXV, 1902, p. 3605.

à 1^{mm}, dans l'axe duquel se trouvait soudé un petit tube à paroi très mince (nos tubes avaient des parois variant de $0^{mm},004$ à $0^{mm},06$ d'épaisseur). A l'extrémité de ce tube mince se trouvait enfermé à l'aide de mercure l'émanation purifiée que nous extrayions d'une solution de $0^{g},3$ de $RaCl^2$ très obligeamment mise à notre disposition par Mme Curie.

L'autre partie de l'appareil était le corps de jauge même, portant un système de tubes divisés servant à la mesure du volume et de la pression du gaz dégagé et à l'analyse eudiométrique de ce gaz. L'appareil était construit entièrement en verre soudé et ses parties essentielles étaient soigneusement calibrées.

Les expériences sur la vapeur d'eau ont été faites en mélangeant l'émanation purifiée directement à une certaine quantité d'eau qui, portée à la température de 170°, se trouvait à l'état de vapeur surchauffée sous une pression d'environ 3^{atm}.

Les expériences sur l'eau liquide avaient une durée variant entre 3 et 7 semaines, celles sur la glace et la vapeur de 5 à 7 jours ; elles ont donné les résultats suivants :

Les rayons α décomposent l'eau, quel que soit son état, en hydrogène et oxygène. A l'état solide, à —183°, le produit de décomposition est du gaz tonnant, tandis qu'à l'état liquide il y a d'abord de l'hydrogène en excès, l'oxygène formé en même temps se combinant en partie à l'eau pour former de l'eau oxygénée. Celle-ci étant décomposée à son tour, il se dégage ensuite de l'oxygène en excès. A l'état gazeux, il y a aussi formation d'hydrogène en excès, et la proportion de cet hydrogène atteignait 50 pour 100 du volume total du gaz.

La quantité d'eau liquide décomposée est proportionnelle à l'intensité du rayonnement. Le nombre de molécules de gaz formé est de 6 pour 100 plus grand que le nombre d'ions que produiraient dans l'air les mêmes rayons α, dont la quantité d'énergie utilisée est 6,4 pour 100 de leur énergie disponible. La quantité de gaz formé atteignait $0^{cm^3},825$ par curie-heure.

Dans le cas de la glace et de la vapeur, le gaz formé restant pendant toute la durée de l'expérience sous l'action des rayons (ce qui n'était pas le cas dans les expériences sur l'eau liquide), la quantité de gaz formé était beaucoup plus faible, et il semble que ce résultat soit dû à la recombinaison de l'hydrogène et de l'oxygène sous l'action des rayons. Le rapport du nombre de molécules de gaz formé au nombre d'ions produits est $\frac{1}{20}$ pour la glace, et pour la vapeur $\frac{1}{50}$ à $\frac{1}{150}$ de celui obtenu pour l'eau liquide.

En déterminant le courant d'ionisation dû aux rayons α sortant du tube, nous avons trouvé qu'un rayonnement capable de produire un courant d'ionisation de 1 ampère dans l'air décompose l'eau en donnant $0^{cm^3},1594$ H^2 et $0^{cm^3},0797$ O^2 par seconde, valeurs qui sont du même ordre de grandeur que les quantités $0^{cm^3},123$ H^2 et $0^{cm^3},0615$ O^2 libérées par seconde à 15° dans l'électrolyse.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'inversion du saccharose par les rayons ultra-violets.* Note de MM. **Daniel Berthelot** et **Henry Gaudechon**, présentée par M. E. Jungfleisch.

Le développement pris par l'étude photochimique des sucres nous oblige à revenir, pour les préciser, sur certains points du sujet.

On sait que, dès 1859 et 1871, Niepce de Saint-Victor et Corvisart (*Comptes rendus*, t. 49, p. 368 et 816) et Raoult (*Ib.*, t. 73, p. 1049), observèrent la formation de corps réducteurs dans les solutions insolées d'amidon et de saccharose. Leurs recherches ont été reprises récemment. MM. Bierry et Henri, dans une courte Note présentée le 14 mai 1910 à la Société de Biologie, signalaient que les solutions aqueuses de certains polyoses (saccharose, raffinose, etc.), irradiées à l'air libre dans des cristallisoirs placés sous une lampe à mercure en quartz, devenaient réductrices. Ils ne proposaient aucune explication, mais ils disaient que, dans le cas du maltose et du lactose, ils n'avaient pu, même après une exposition très prolongée, déceler le glucose et le galactose, c'est-à-dire les monoses qui auraient résulté d'un dédoublement par hydrolyse.

Or nous avons montré que, dans ces conditions *d'irradiation à l'air libre par l'ultraviolet extrême*, la dégradation et l'oxydation des matières organiques (et notamment des sucres), sont très profondes, et que, dans l'apparition du pouvoir réducteur, interviennent des facteurs multiples que nous avons signalés : acide formique (*Ib.*, 23 mai 1910); aldéhyde méthylique résultant (*Ib.*, 13 juin 1910) de l'union des gaz CO et H^2 que dégage la photolyse des sucres; transformation d'une ou plusieurs fonctions alcooliques en fonctions aldéhydes, qui a lieu dans les sucres simples et, par conséquent, non dédoublables, comme la mannite (*Ib.*, 2 déc. 1912), etc. Ajoutons d'ailleurs que nous avons vérifié que toutes ces réactions ont lieu dans les solutions irradiées de polyoses.

Le 13 juin 1910 nous annoncions à l'Académie la synthèse photochimique des composés ternaires et des hydrates de carbone à partir des gaz CO et H^2; nous indiquions que ce phénomène est réversible, et que l'aldéhyde formique polymérisée solide se décompose en oxyde de carbone et hydrogène ; nous ajoutions que, quand l'action est plus poussée, on observe un second mode de décomposition irréversible qui donne, en plus, de l'anhydride carbonique et du méthane. C'était la première fois qu'on obtenait

par l'action de la lumière une dégradation aussi profonde d'un hydrate de carbone, allant jusqu'au retour aux gaz générateurs CO et H^2. Nous avons retrouvé depuis (*Ib.*, t. 155, p. 1156) pour l'ensemble des sucres les deux modes de décomposition que nous signalions dès le premier jour pour l'aldéhyde formique qui en est le générateur.

Le 1er août 1910, nous indiquions les résultats obtenus par une irradation ultraviolette intensive, en l'absence d'air, sur deux sucres isomères simples (glucose, lévulose) et sur deux sucres isomères complexes donnant par hydrolyse les précédents (saccharose, maltose). Les proportions des gaz de photolyse étaient caractéristiques et très différentes pour les deux isomères simples d'une part, pour les deux isomères complexes d'autre part; nous pûmes, dans tous les cas, par le dosage quantitatif des quatre gaz CO, H^2, CO^2, CH^4, retrouver les produits de photolyse gazeuse caractéristiques des monoses élémentaires (glucose et lévulose), et montrer que l'inversion a lieu, non seulement dans le cas du saccharose, où elle est toujours facile, mais dans celui du maltose, où elle est beaucoup plus difficile, et où MM. Bierry et Henri avaient déclaré n'avoir rien trouvé.

Nous avons prouvé, depuis, la fécondité de cette méthode d'analyse gazeuse dans l'étude systématique du dédoublement des bioses et des trioses. La sûreté de ses indications s'est manifestée d'une manière frappante pour la mélézitose, où la photolyse de $0^g,2$ de produit a suffi pour rectifier la formule de constitution admise par Alekhine et pour confirmer un beau travail de M. Georges Tanret.

L'inversion des bioses par les rayons ultraviolets, annoncée par nous en août 1910, fut confirmée plusieurs mois après pour la saccharose par MM. Guntz et Minguin (*Ib.*, 12 février 1911), par MM. Euler et Ohlsen, et enfin par MM. Bierry, Henri et Ranc (*Ib.*, 6 juin 1911).

Notre démonstration n'est pas seulement antérieure de 10 mois à celle de ces derniers auteurs; elle est aussi plus complète. Nos expériences, en effet, tiraient une partie de leur valeur démonstrative du rapprochement entre le saccharose et le maltose; les leurs n'ont porté que sur le saccharose. Nos essais ont été faits sur le saccharose pur, en dehors de la présence d'air; un seul des leurs a porté sur le saccharose seul; dans tous les autres, ils ont opéré en présence d'air ou de carbonate de chaux, c'est-à-dire sur des systèmes complexes dans lesquels l'allure des phénomènes est profondément modifiée. Enfin, ils n'ont caractérisé qualitativement qu'un seul des produits de dédoublement (lévulose), tandis que nous avons dosé quantitativement les gaz dérivés du glucose aussi bien que du lévulose.

Sur un point, MM. Bierry, Henri et Ranc apportaient un résultat nouveau. Selon eux (*Journal de Physiologie*, septembre 1911) « la formation d'acides est une réaction primaire qui se produit dès le début de l'action des rayons ultraviolets; l'apparition des produits gazeux est un processus secondaire qui semble lié à l'apparition d'acides ».

Ces conclusions ne sont pas confirmées par nos expériences. Les auteurs précités s'étaient bornés à faire agir la radiation globale ultraviolette de la lampe en quartz, qui rend les liqueurs acides. Notre étude de l'influence de la longueur d'onde sur la photolyse des sucres, commencée dès l'été 1910 (*Revue générale des Sciences*, 30 avril 1911) et continuée depuis (*Comptes rendus*, t. 154, p. 1803; t. 155, p. 401, 831, 1016, 1153, 1506), nous a montré que dans l'ultraviolet initial (solaire) et le début de l'ultraviolet moyen, il y a dégagement de gaz CO et H^2, sans apparition d'acidité. L'inversion du saccharose au soleil, annoncée par Raoult, mais contestée par Kreusler qui l'attribuait à des moisissures (*Berichte*, t. VIII, p. 93), est bien réelle, le *glucose* ne donne pas de gaz même en un an; le *lévulose* donne au bout de peu de jours du gaz CO pur; le *saccharose* ne donne pas de gaz pendant plusieurs mois (période d'inversion en glucose et lévulose), puis dégage du gaz CO pur. Comme la fermentation du saccharose par les moisissures ne donne pas CO, ce gaz ne peut provenir que de l'attaque photochimique du lévulose que notre méthode permet de déceler avec une sûreté et une sensibilité supérieures à tout autre procédé chimique dans ces conditions où il est mélangé à un grand excès d'autres sucres.

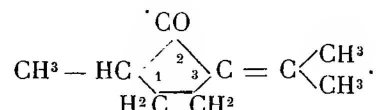
En somme, nous avons prouvé non seulement que le saccharose s'invertit avec dégagement gazeux par les rayons ultraviolets, mais encore que ce phénomène est produit par des radiations qui ne rendent pas les liqueurs acides. Ces résultats ont certainement échappé à MM. Bierry, Henri et Ranc qui sont revenus récemment (2 décembre 1912) sur cette question.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hydrogénation catalytique de la camphorone et sur quelques nouveaux carbures cyclopentaniques.* Note de MM. **Marcel Godchot** et **Félix Taboury**, présentée par M. E. Jungfleisch.

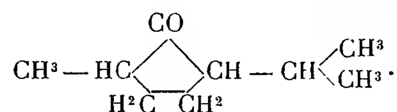
Dans une Communication antérieure [1], nous avons indiqué que la cyclopentanone, hydrogénée par la méthode de MM. Sabatier et Senderens,

[1] *Comptes rendus*, t. 152, p. 681.

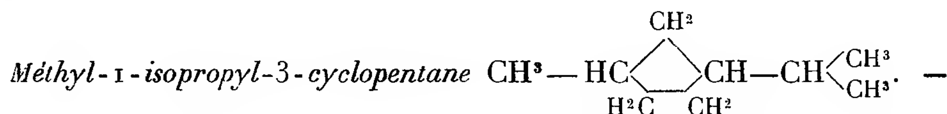
donnait naissance à un mélange de cyclopentane, de cyclopentanol et de cyclopentylcyclopentanone. Il nous a paru intéressant de soumettre la camphorone à la même hydrogénation. Bouveault (¹), en faisant la synthèse de ce composé, en a fixé définitivement la constitution qui est celle de la méthyl-1-isopropylidène-3-cyclopentanone-2



Dihydrocamphorone ou méthyl-1-isopropyl-3-cyclopentanone-2 :



La camphorone, qui nous a servi de matière première et qui a été préparée par nous en partant du camphorate de chaux, bouillait à 197°-203° sous la pression atmosphérique. Soumise à l'action du nickel réduit et de l'hydrogène, à la température de 130°, elle s'est transformée quantitativement en dihydrocamphorone, liquide à odeur de menthone, bouillant à 182°-183°. Cette cétone est identique à celle préparée à l'aide d'autres méthodes par Semmler (²) et par Wallach (³). Les points d'ébullition sont semblables et les points de fusion de la semicarbazone (197°-198°) et de l'oxime (78°) sont concordants.



Méthyl-1-isopropyl-3-cyclopentane — Ce carbure prend naissance lorsqu'on hydrogène, à la température de 280°, par la méthode au nickel, la camphorone ou la dihydro camphorone. On constate la formation d'eau dans la réaction, le groupement CO étant remplacé par le groupement CH^2. Le méthylisopropyl cyclopentane constitue un liquide, à odeur terpénique, bouillant à 132°-134° ($d_{19} = 0,773$; $n^D_{19} = 1,4250$; R.M. trouvée = 41,72; calculée = 41,42).

Nous avons pu préparer ce carbure par une autre voie en partant du méthyl-1-isopropyl-3-cyclopentanol-2, obtenu en réduisant la dihydrocam-

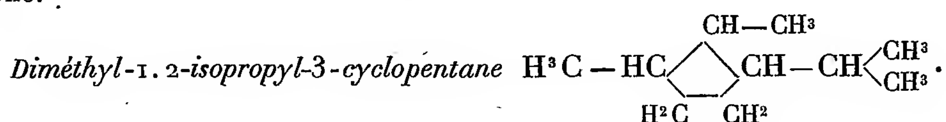
(¹) *Bulletin de la Société chimique de France*, t. XXIII, p. 160.
(²) *Ann. der Chemie*, t. CCCXXVII, p. 136.
(³) *Berichte der deut. chem. Gesell.*, t. XXXVII, p. 236.

phorone par l'alcool absolu et le sodium (¹); celui-ci, chauffé en présence du chlorure de zinc, se déshydrate en donnant un mélange de deux carbures non saturés isomères (ébull. 143°-145°; $d_{18} = 0,786$; $n_{18}^{D} = 1,4465$); ces deux carbures possèdent les constitutions suivantes :



il est impossible de les séparer, mais, hydrogénés ensemble en présence de nickel réduit à 170°, ils fournissent un carbure unique, bouillant à 133°-134°, constitué par du méthyl-1-isopropyl-3-cyclopentane, identique à celui isolé par nous dans la réduction catalytique de la dihydrocamphorone.

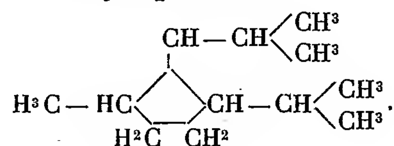
Diméthyl-1.2-isopropyl-3-cyclopentane



— Le dihydrocamphorone peut servir de matière première pour obtenir des carbures trisubstitués homologues du cyclopentane. Lorsqu'on fait réagir, en effet, les organo magnésiens sur cette cétone, on obtient, sinon l'alcool tertiaire attendu, du moins les deux carbures isomères qui en dérivent par déshydratation et qui, hydrogénés à 180° par la méthode au nickel, fournissent le carbure saturé correspondant.

Avec l'iodure de méthylmagnésium, on obtient le mélange de deux diméthyl-1.2-isopropyl-3-cyclopentènes Δ_1 et Δ_2 (ébull. 150°-155°; $d_{17} = 0,812$; $n_{17}^{D} = 1,4500$) qui, hydrogéné à 180°, se transforme en diméthyl-1.2-isopropyl-3-cyclopentane, carbure à odeur terpénique (ébull. 146°-148°; $d_{16} = 0,786$; $n_{16}^{D} = 1,4337$; R.M. trouvée $= 46,32$; calculée $= 46,03$).

Méthyl-1-diisopropyl-2.3-cyclopentane :



Ce carbure s'obtient en hydrogénant à 180°, par le nickel, le mélange

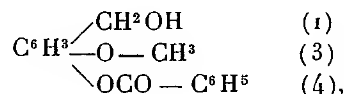
(¹) *Berichte der deut. chem. Gesell.*, t. XXXVII, p. 237.

des deux carbures non saturés isomères résultant de l'action de l'iodure d'isopropylmagnésium sur la dihydrocamphorone et bouillant vers 160°-168° ($d_{18} = 0,812$; $n^{D}_{18} = 1,4509$). Le méthyl-1-diisopropyl-2.3-cyclopentane ainsi obtenu constitue un liquide à odeur terpénique (ébull. 150°-152°; $d_{17} = 0,781$; $n^{D}_{17} = 1,4318$; R. M. trouvée = 54,71; calculée = 55,23).

Il est à remarquer, alors que le cyclopentane bout quelques degrés plus haut que le cyclopentène, que les homologues du cyclopentane bouillent plus haut que les homologues du cyclopentène.

MINÉRALOGIE. — *Sur un cas intéressant de dimorphisme.* Note de M. A. **Duffour**, présentée par M. Wallerant.

J'ai eu récemment l'occasion d'examiner deux échantillons de l'alcool benzoylvanillique



préparés par M. G. Vavon. L'un avait été obtenu en hydrogénant le benzoate de vanilline, par l'hydrogène à froid en présence de noir de platine, conformément à la méthode générale que M. Vavon a décrite ici même (*Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 359). L'autre résultait de l'action d'une molécule de chlorure de benzoyle sur une molécule d'alcool vanillique sodé. Tous deux avaient été purifiés par cristallisation dans le mélange alcool-acétate d'éthyle.

Contrairement à toute attente, ces deux produits dont, après vérification, l'identité chimique ne saurait faire aucun doute, n'ont pas la même forme cristalline : le premier est *triclinique* et le second *monoclinique*. L'apparition de ces deux types n'est d'ailleurs pas fortuite, de nouvelles préparations les ayant reproduits l'un et l'autre.

Les cristaux tricliniques présentent les faces $p(001)$, $g^1(010)$, $b^{\frac{1}{2}}(11\bar{1})$, $c^{\frac{1}{2}}(1\bar{1}\bar{1})$ dominantes et $m(1\bar{1}0)$, $t(110)$ toujours réduites ou même absentes.

Paramètres $a : b : c = 0,8967 : 1 : 0,5283$.
Angles plans : $\alpha = 90°20'$, $\beta = 72°22'$, $\gamma = 72°44',5$.

Les cristaux monocliniques, très fréquemment maclés avec p pour plan

de symétrie, sont limités par les faces $p(001)$, $m(110)$, $e^{\frac{1}{2}}(021)$ dominantes, avec parfois $g^1(010)$ toujours réduite,

$$\text{Paramètres } a : b : c = 0,7814 : 1 : 1,3460$$
$$\beta = 111°9'$$

Ces deux types de cristaux, depuis plus d'un an qu'ils sont préparés, ne se sont point altérés et tous les essais tentés à froid, pour les transformer l'un dans l'autre par contact ou action mécanique, sont restés vains. J'ai pu cependant me rendre compte que la variété monoclinique ne se conserve qu'à la faveur d'un état de faux équilibre et que seule la variété triclinique représente la forme stable de la substance.

Les cristaux tricliniques fondent en effet vers 99°. Or si, au moyen du microscope chauffant de M. Wyrouboff, on élève lentement la température d'un cristal monoclinique, on observe qu'il éprouve vers 90° un commencement de fusion. Dans le liquide ne tardent pas à se former quelques germes qui, en peu d'instants, transforment toute la matière, fondue ou non, en un amas friable de cristaux tricliniques, ne fondant plus qu'à 99°.

La matière fondue reste très aisément en surfusion et sa consistance augmentant très vite par refroidissement, elle devient un véritable verre dans lequel la cristallisation ne se propage qu'avec une lenteur extrême. Mais au voisinage de 80°, la cristallisation est assez rapide pour être aisément suivie au microscope polarisant.

Si l'on ensemence sous un couvre-objet la forme monoclinique, qui d'ailleurs apparaît le plus souvent de façon spontanée, elle se développe en sphérolites très finement radiés, d'une régularité remarquable, dont les éléments parfaitement rectilignes, très biréfringents, présentent de nombreuses lamelles hémitropes. La forme triclinique s'en distingue immédiatement par l'aspect très irrégulier des contours, par la présence de nombreuses vacuoles et par une biréfringence plus élevée.

Dès que dans une préparation les deux formes viennent au contact, la forme monoclinique subit une régression au bénéfice de la forme triclinique. La vitesse de cette transformation, notable au voisinage de 90°, diminue rapidement si la température baisse ; vers 40° elle n'est plus que de l'ordre du $\frac{1}{10}$ de millimètre à l'heure, et dès 30° elle devient matériellement inappréciable, alors même qu'on attend plusieurs jours et qu'on a débarrassé la préparation de son couvre-objet, cause possible de perturbation.

Il est dès lors sans intérêt pratique de savoir si la forme monoclinique est, comme il paraît bien probable, instable à toute température sous la pression ordinaire ou si elle ne serait pas susceptible, aux basses températures, de rentrer dans un domaine de stabilité vraie au sens thermodynamique. Seule, l'étude des transformations sous pression élevée permettrait de le dire.

Mais ce qu'il importe de retenir, c'est qu'à des températures moyennes (25° par exemple) où le frottement interne est loin de s'opposer à tous les mouvements moléculaires qu'exigent les diverses sortes de transformations, la vitesse de transformation des deux formes cristallines peut diminuer assez pour permettre la coexistence en équilibre indéfini des cristaux stables et des cristaux instables.

Pareille observation n'avait été faite, à ma connaissance, qu'avec les formes monoclinique et orthorhombique du soufre : à — 23° leur transformation est, non pas précisément arrêtée, mais considérablement ralentie (1). Il faut remarquer toutefois qu'à cette basse température, l'inertie de la matière à l'égard des transformations de toute sorte est généralement complète.

L'exemple actuel, par sa netteté, me semble donc plus propre à expliquer la remarquable persistance des deux formes (dont l'une paraît nécessairement instable) que l'on connaît pour un assez grand nombre de substances, parmi lesquelles le carbonate de calcium (calcite, aragonite), et dont les conditions d'équilibre vrai nous échappent encore.

BOTANIQUE. — *Sur la présence de la callose dans la membrane des Algues siphonées marines*. Note de M. **Robert Mirande**, présentée par M. L. Mangin.

Les Caulerpes doivent à leurs caractères morphologiques si spéciaux d'avoir éveillé depuis longtemps l'attention des botanistes. Montagne, Naegeli, Dippel, Noll, Janse, Klemm, Correns, Reinke, pour ne citer que les principaux, leur ont consacré d'intéressants Mémoires tant au point de vue anatomique qu'au point de vue physiologique. Nous sommes, en outre, redevables à Mme Weber van Bosse d'une monographie complète du genre *Caulerpa*.

Nos connaissances sont demeurées assez imprécises, néanmoins, en ce qui concerne la nature chimique de leur membrane. Les différents auteurs s'accordent, à l'exception de Schacht, pour reconnaître qu'elle ne présente pas les caractères d'une membrane cellulosique proprement dite, puisqu'elle ne se colore pas en bleu par l'iode et n'est point soluble dans la liqueur de Schweitzer. Cependant, beaucoup de ces auteurs et les Traités

(1) D. Gernez, *Ann. de Ch. et de Phys.*, 6e série, t. VII, 1886, p. 240.

récents comme les *Pflanzen-familien* d'Engler et Prantl ou l'excellente *Morphologie und Biologie der Algen* d'Oltmanns, continuent à parler des « lamelles cellulosiques » de la membrane et à désigner sous le nom de *cellulose-balken* (littéralement poutres de cellulose) les trabécules qui unissent entre elles les parois de leur thalle monosiphoné.

Les recherches que j'ai poursuivies, à ce sujet, au Laboratoire de Cryptogamie du Muséum et qui ont porté sur diverses espèces de *Caulerpa*, m'ont conduit aux résultats suivants :

1° La membrane de *Caulerpa* n'est point soluble directement dans la liqueur de Schweitzer; elle ne devient sensible à ce solvant qu'après action de réactifs énergiques (acide azotique concentré bouillant, par exemple) capables d'altérer profondément sa constitution chimique.

Elle ne donne jamais avec l'iode, quel que soit le traitement adopté, la coloration bleue ou violette caractéristique de la cellulose.

Elle ne se teint pas, en bain acide, par les colorants tétrazoïques spéciaux à la cellulose (type orseilline BB).

Enfin, chauffée à la glycérine, à 300°, en tubes scellés, selon la méthode indiquée par Van Wisselingh, elle se dissout entièrement, tandis que les membranes cellulosiques vraies y demeurent intactes.

L'ensemble de ces caractères nous montre que la cellulose proprement dite, définie par ses propriétés fondamentales bien connues, est absente de la membrane de Caulerpa.

2° Cette membrane est constituée par deux sortes de substances appartenant l'une au groupe des *composés pectiques*, l'autre au groupe des *calloses*, tels qu'ils ont été définis et étudiés par M. Mangin.

La présence des premiers de ces corps est révélée par l'affinité de ces membranes pour les sels métalliques (Devaux et Petit) et pour leur colorant spécifique le rouge de ruthénium, ainsi que par le volumineux précipité d'acide pectique qu'on obtient en les traitant par le procédé de M. Schlœsing.

La callose est décelée par les colorants tétrazoïques en bain alcalin (groupe benzidine), les bleus solubles après action de la potasse, et aussi par la propriété de devenir presque immédiatement soluble dans l'eau après action de la potasse ou de la soude concentrées à saturation.

J'ai pu isoler ce dernier constituant en traitant des coupes par l'acide azotique bouillant, puis en les lavant soigneusement à l'eau ammoniacale, opération qui détruit ou solubilise les composés pectiques. La membrane qui ne se colore plus alors par le

rouge de ruthénium présente les réactions colorantes de la callose, mais elle est devenue soluble dans la liqueur de Schweitzer, ce qui semble montrer qu'il y a eu un commencement de décomposition. Elle se colore en jaune, non en bleu, par l'iode, ce qui nous prouve encore qu'il ne s'agit pas là d'une trame cellulosique.

Ce procédé m'a permis d'identifier avec la callose la substance qui forme les *sphéro-cristaux*, décrits par Correns, après action de l'acide sulfurique étendu de un quart. On les obtient aisément avec les coupes traitées comme il vient d'être dit. Ils se comportent comme la callose vis-à-vis des réactifs colorants, mais sont solubles dans la liqueur de Schweitzer. J'attire, d'accord avec Correns, l'attention sur ce fait qu'ils sont bi-réfringents, différant en cela des sphéro-cristaux de cellulose obtenus par Gilson.

3° La structure des coupes soumises à l'action de l'acide azotique est encore bien conservée; les lamelles dont se compose la membrane sont seulement dissociées mais non désorganisées, ce qui montre bien que la *callose rentre comme substance fondamentale dans la composition de la membrane des* Caulerpa.

Elle avait été signalée déjà par M. Mangin : chez les Phanérogames, dans le cal des tubes criblés et la membrane des cellules mères des grains de pollen; chez les Cryptogames, dans la membrane des Péronosporacées, les sporanges des *Mucor* et chez quelques Algues (*Œdogonium*, *Ascophyllum*, *Laminaria*). Mais, dans tous ces cas, nous la trouvons soit associée à la cellulose, soit isolée dans certains organes de végétaux cellulosiques où sa facile gélification lui permet de jouer un rôle spécial. Chez les Caulerpes, elle se montre associée aux composés pectiques seulement. *Cette membrane nous offre donc un type de constitution chimique particulier, et nouveau jusqu'ici, chez les Végétaux.*

Je me suis en outre préoccupé de savoir si ce type était spécial au genre *Caulerpa* et ne se rencontrait pas dans d'autres familles d'Algues.

Des expériences portant sur un grand nombre d'échantillons m'ont convaincu qu'il se retrouvait dans toute la série des algues siphonées, à l'exception des Vauchériacées qui possèdent une membrane cellulosopectique.

Les Siphonées marines, Caulerpacées, Bryopsidacées, Derbésiacées, Codiacées formeraient donc un groupe bien distinct tant par leurs caractères anatomiques que par la constitution chimique de leur membrane.

Le détail et les conclusions définitives de ces recherches feront l'objet d'un Mémoire ultérieur.

AGRONOMIE COLONIALE. — *Sur l'existence en Afrique occidentale de deux formes stables d'*Hevea brasiliensis *Mull. Arg. présentant une aptitude différente à la production du latex.* Note de M. C.-M. **Bret**, présentée par M. Edmond Perrier.

L'*Hevea brasiliensis* Mull. Arg., qui constitue à peu près exclusivement les immenses plantations d'arbres à caoutchouc d'Extrême-Orient, n'a jusqu'à présent offert que des variations peu sensibles, quels que soient les efforts poursuivis dans la voie de la sélection. Au cours d'un séjour à la Côte occidentale d'Afrique, notre attention a été appelée par deux peuplements de cette espèce ayant une origine différente et dont les rendements en latex paraissaient dissemblables. Ces deux peuplements, d'ailleurs très homogènes, existent l'un à Dabou (Côte d'Ivoire), l'autre à Porto-Novo (Dahomey).

A. *Peuplement de Dabou.* — Composé d'environ 70 arbres; provient de graines recueillies dans le Bas-Amazone par la mission Eug. Poisson; les plants qui en sont issus ont été, par l'intermédiaire de la Maison Godefroy-Lebeuf et de la mission Bourdarie, introduits à la Côte d'Ivoire et ils y croissent normalement, dans un sol de fertilité moyenne, perméable mais parfois inondé.

B. *Peuplement de Porto-Novo.* — Comporte, dans un jardin appartenant à un particulier, seulement six arbres qui proviendraient de la station d'Ebute-Meta (Lagos), où ils auraient été envoyés par les Jardins royaux de Kew; leur origine primitive reste toutefois douteuse, mais ils ont été rapportés à *H. brasiliensis,* d'abord par M. Aug. Chevalier, détermination confirmée par M. Prain, directeur de Kew. A Porto-Novo, ils croissent dans un terrain sablonneux de fertilité moyenne, à sous-sol aquifère. Leur rendement en latex est bien plus élevé que celui des arbres du peuplement de Dabou.

Je me suis proposé de rechercher si ces deux formes présentent des caractères distinctifs et une certaine stabilité.

La morphologie externe n'offre pas de caractères distinctifs nets; d'une manière générale cependant, la forme A présente un aspect plus vigoureux que la forme B. Par contre, l'étude anatomique des échantillons des collections rapportées par M. Chevalier nous a fourni des caractères distinctifs très nets.

Forme A. — Dans la tige, prise non loin du bourgeon terminal, le bois est celui d'une plante plus vigoureuse que dans la forme riche; les vaisseaux du bois sont plus nombreux, plus larges, disposés en files radiales plus régulières.

Nous avons déterminé une région plus favorable à des observations comparatives que la tige, dans laquelle il est presque impossible d'obtenir des coupes microscopiques, des tissus d'un âge et d'une croissance rigoureusement semblables. Des conditions, très favorables dans le cas présent, existent dans la base renflée du pétiolule. On y observe pour ladite forme A les particularités suivantes : laticifères rares dans le parenchyme cortical, notamment à la face ventrale où ils sont accidentels, peu abondants dans la région libérienne; les chapelets qu'ils forment sur la face ventrale où le tissu fibro-vasculaire s'involute et s'interrompt, ne se rejoignent pas et pénètrent à peine dans la moelle.

Forme B (*à rendements plus élevés*). — Dans la tige, caractères inverses de ceux de l'autre forme. Dans la base renflée du pétiolule, nombreux laticifères dans le parenchyme cortical, notamment sur la face ventrale; laticifères abondants, serrés, dans la région libérienne où ils forment un chapelet qui se ferme à la face ventrale par de nombreux tubes logés dans du liber qui s'involute profondément dans la moelle; tendance à la production de faisceaux supplémentaires, riches en laticifères, dans la moelle.

Pour nous assurer de la fixité de ces deux formes dans la descendance et suivant les milieux, nous avons étudié :

1° Des plants de 6 mois issus des deux peuplements précités et venus en pépinière, à Bingerville (Côte d'Ivoire); ceux de la forme A, en terrain riche, fumé, arrosé; ceux de la forme B (à rendement plus élevé), en terrain siliceux pauvre et sec;

2° Les mêmes plants, âgés de 2 ans et mis en place, dans un milieu identique pour les deux formes, en terrain de forêt fraîchement défriché, fertile, bien arrosé et bien drainé.

Ces individus ont toujours présenté des caractères analogues à leurs parents.

En résumé :

1° Il existe à l'état cultivé, sur la Côte occidentale d'Afrique, deux formes stables d'*Hevea brasiliensis*, se distinguant par leur richesse inégale en latex;

2° L'étude anatomique de la base des pétiolules permet une distinction facile des deux formes;

3° Cette méthode d'examen est à retenir et pourrait être employée pour effectuer une sélection rapide;

4° Ces deux formes ont une vigueur inégale, la plus vigoureuse étant la plus pauvre en latex. Bien qu'elles semblent, d'après nos recherches, capables de se maintenir dans la descendance, nous pensons qu'à l'origine elles ont dû se produire par suite de conditions biologiques particulières et que ce sont en définitive deux formes physiologiques stables.

PHYSIOLOGIE. — *Adrénaline et glycémie.* Note de M. **H. Bierry** et Mlle **Lucie Fandard**, présentée par M. Dastre.

La *glycémie physiologique* se mesure par la quantité de *sucre libre* contenu dans le sang artériel; sensiblement fixe pour une espèce animale donnée, elle est indépendante des régimes alimentaires, de l'état de repos ou de travail, et exprime l'état d'équilibre entre la production et la dépense de l'organisme en sucre.

En outre du *sucre libre* directement réducteur, on rencontre dans le sang du *sucre combiné :* sucre dont la présence ne peut être manifestée qu'après scission de la molécule complexe qui le renferme et rupture de la liaison qui dissimule sa fonction aldéhydique. Il existe dans le sang, comme nous avons pu nous en assurer, plusieurs substances (¹) susceptibles de donner du sucre après hydrolyse; ces combinaisons hydrocarbonées résistent à l'action de la glycolyse *in vitro* et de la potasse étendue et chaude qui font disparaître le sucre libre, elles sont toutefois rompues à l'autoclave à 120°, par les acides minéraux, et le sucre réducteur mis ainsi totalement en liberté peut être dosé à la manière ordinaire. Ces substances génératrices d'hydrates de carbone donnent naissance à du sucre réducteur dont la quantité est constante pour une espèce animale donnée, cette quantité pouvant suivant l'espèce être inférieure, égale ou même supérieure à celle du sucre libre normalement contenue dans le sang artériel (²).

Il est possible, en suscitant des troubles dans l'équilibre de la nutrition, de faire varier la glycémie chez l'animal. Peut-on parallèlement faire varier quantitativement ou qualitativement la substance sucrée existant en combinaison? Des essais, entrepris dans ce sens, nous ont montré que le sucre combiné présentait chez la même espèce et chez le même animal une fixité bien supérieure à celle du sucre libre. Nous avons pu toutefois préciser un certain nombre de conditions expérimentales suivant lesquelles on peut facilement observer des variations du sucre combiné. Nous relaterons aujourd'hui les variations consécutives à l'injection d'adrénaline.

On sait que l'adrénaline introduite sous la peau, dans la veine ou dans la

---

(¹) Nous aurons à indiquer successivement nos résultats concernant les substances génératrices d'hydrates de carbone (distribution dans le sang, variations, nature) et les sucres réducteurs formés.

(²) H. Bierry et L. Fandard, *Comptes rendus Soc. Biol.*, 8 et 13 juillet 1912.

cavité péritonéale, est capable de provoquer chez l'animal une mise en circulation des réserves hydrocarbonées (glycogène) et de faire apparaître consécutivement l'hyperglycémie et la glycosurie (Doyon et Kareff, Noël Paton, Bierry et Z. Gruzewska). Nous avons été amenés ainsi à injecter de l'adrénaline au chien, dans la veine ou la cavité péritonéale, et à étudier parallèlement les variations du sucre libre et du sucre combiné dans le sang.

Nous nous sommes servis d'adrénaline lévogyre : naturelle ou synthétique. Nous devons à M. Gabriel Bertrand l'adrénaline pure ([1]), retirée par lui des capsules surrénales de cheval. L'effet de cette adrénaline est d'une constance remarquable; elle est capable de produire, en injection sous la peau, à la dose de $0^{mmgr},1$ par kilogramme, une glycosurie déjà appréciable chez le chien. Nous avons injecté des doses relativement fortes ($0^{g},001$ par kilogramme d'animal), de façon à produire une hyperglycémie intense. Les injections dans la veine sont moins bien supportées que dans la cavité péritonéale, la dose doit en être au moins moitié moindre, et il est toujours nécessaire de faire cesser par la respiration artificielle la syncope respiratoire consécutive à l'injection.

Le sang, dont un échantillon prélevé avant l'injection d'adrénaline servait pour les dosages témoins, était recueilli toutes les heures ou toutes les deux ou trois heures. On dosait dans les divers échantillons le *sucre libre*, puis le *sucre total* après hydrolyse. En retranchant de la quantité de sucre total la quantité de sucre libre, on avait le sucre réducteur provenant des diverses combinaisons génératrices d'hydrates de carbone. On pouvait avoir un second chiffre pour le sucre combiné en détruisant préalablement par la potasse étendue le sucre libre dans le sang, neutralisant et faisant ensuite l'hydrolyse acide. Pour la précipitation des matières albuminoïdes, nous avons eu recours à la technique de Bierry-Portier; nous avons employé parallèlement l'azotate ou l'acétate mercurique, les résultats ont été identiques. Les dosages de sucre réducteur étaient faits par la méthode de Gabriel Bertrand, et les résultats exprimés en glucose. Le mode d'anesthésie des animaux n'influence pas le résultat de l'expérience.

A la suite d'injection d'adrénaline dans la cavité péritonéale, le taux du sucre libre augmente considérablement dans le sang, l'hyperglycémie s'établit progressivement, elle atteint son maximum vers la troisième ou quatrième heure qui suit l'injection. L'hyperglycémie consécutive à l'injection intraveineuse atteint plus vite son maximum, mais elle peut néanmoins se maintenir pendant trois et même quatre heures. Les jeunes chiens sont particulièrement sensibles à l'action de l'adrénaline. Parallèlement au sucre libre, le sucre combiné varie beaucoup plus lentement.

Le taux du sucre combiné monte lentement, il continue à monter même

([1]) G. Bertrand, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XXI, 1904, p. 1188 et 1289.

quand le sucre libre diminue; nous avons suivi sa marche ascensionnelle jusqu'à la septième et la huitième heure qui suivent l'injection. Nos expériences n'ayant pas dépassé 8 heures, nous ne pouvons dire si le maximum était atteint à ce moment.

Voici une expérience à titre d'exemple. Chien de 18^{kg}, reçoit dans le péritoine $0^g,03$ d'adrénaline dissoute, par quantité suffisante d'acide acétique, dans 2^{cm^3} d'eau physiologique :

	Sucre libre du sang pour 1000.	Sucre combiné du sang (le sucre réducteur obtenu par hydrolyse a été évalué en glucose) pour 1000.
	g	g
Avant injection	1,10	1
$1^h 15^m$ après injection d'adrénaline	1,75	1,15
4^h »	2,30	1,16
$7^h 45^m$ »	1,55	1,35 (1)

Il ressort de ces expériences que le mécanisme qui règle l'hyperglycémie et la glycosurie (2) n'est pas aussi simple qu'on l'admettait jusqu'ici. Il semble qu'une partie du sucre libre versé en excès dans le sang puisse entrer plus ou moins rapidement en combinaison sans être perdue pour l'organisme et que le surplus seul passe dans l'urine.

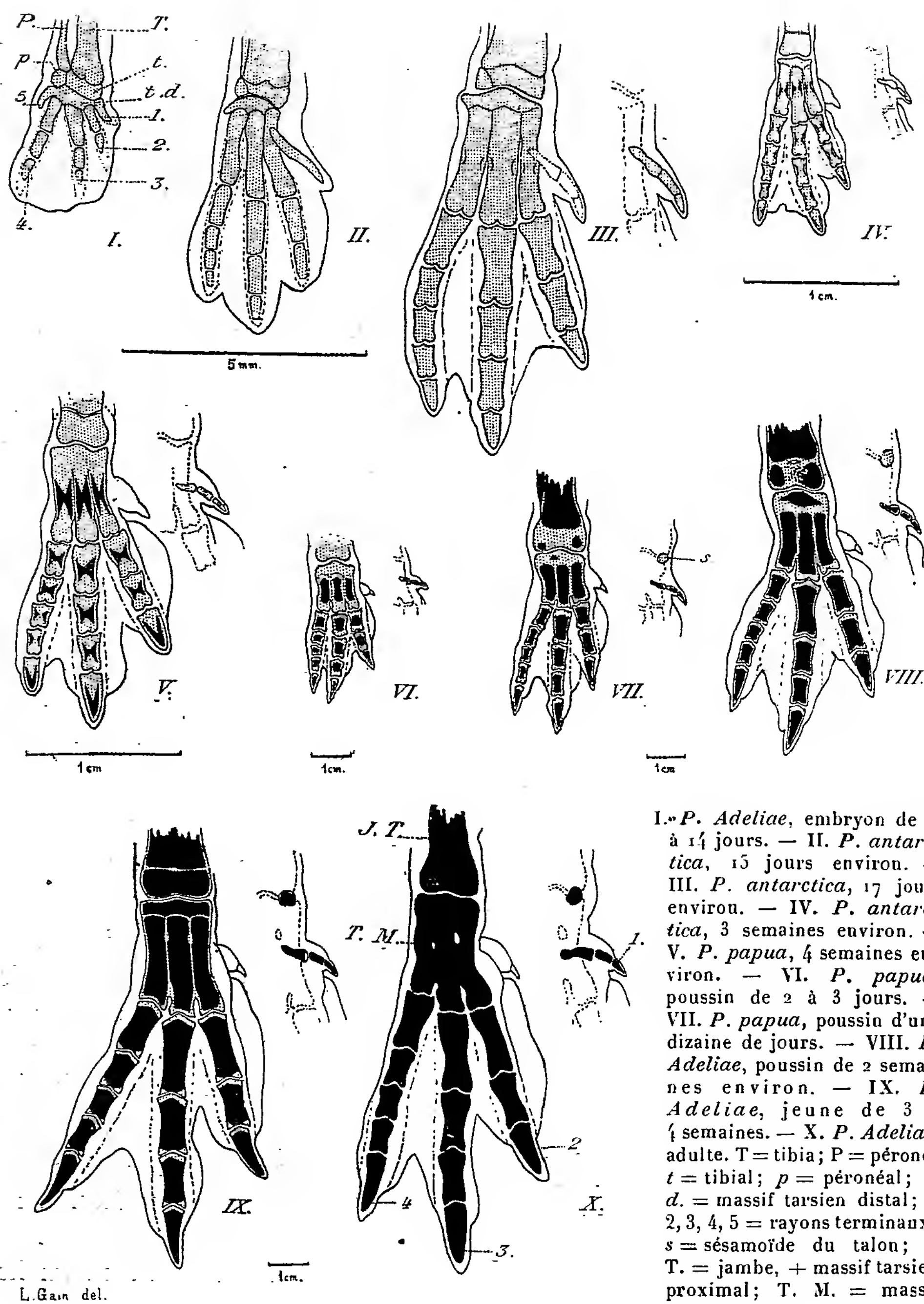
EMBRYOLOGIE. — *Sur le développement du squelette de l'extrémité postérieure chez le Pingouin.* Note de MM. R. ANTHONY et L. GAIN, présentée par M. E. Perrier.

Les documents embryologiques utilisés ici proviennent de la deuxième Expédition antarctique française (1908-1910); ils se rapportent aux trois espèces suivantes : *Pygoscelis antarctica* Forster, *P. papua* Forster, *P. Adeliae* Hombron et Jacquinot.

Cette étude offre un intérêt particulier en raison de l'adaptation que présente le membre postérieur des Pingouins à la marche plantigrade.

(1) Cette expérience se trouve justement comparable avec la moyenne des résultats obtenus. Dans d'autres cas, la teneur en sucre combiné est encore plus élevée après le même temps (7 à 8 heures).

(2) Le manque de concordance entre la plus forte hyperglycémie et la plus forte glycosurie, après injection d'adrénaline chez le chien, avait déjà été signalé par l'un de nous et Z. Gruzewska (H. BIERRY et Z. GRUZEWSKA, *Comptes rendus Soc. Biol.*, 27 mai 1905).



I. *P. Adeliae*, embryon de 12 à 14 jours. — II. *P. antarctica*, 15 jours environ. — III. *P. antarctica*, 17 jours environ. — IV. *P. antarctica*, 3 semaines environ. — V. *P. papua*, 4 semaines environ. — VI. *P. papua*, poussin de 2 à 3 jours. — VII. *P. papua*, poussin d'une dizaine de jours. — VIII. *P. Adeliae*, poussin de 2 semaines environ. — IX. *P. Adeliae*, jeune de 3 à 4 semaines. — X. *P. Adeliae*, adulte. T = tibia; P = péroné; *t* = tibial; *p* = péronéal; *t. d.* = massif tarsien distal; 1, 2, 3, 4, 5 = rayons terminaux; *s* = sésamoïde du talon; J. T. = jambe, + massif tarsien proximal; T. M. = massif tarsien distal + métatarse.

Les figures ci-contre résument notre Communication.

Dans le stade I, la rangée tarsienne proximale est constituée de deux éléments cartilagineux distincts et inégaux, l'un correspondant au péronéal, l'autre au tibial.

Le massif tarsien distal se présente sous l'aspect d'une masse homogène dont l'apophyse externe est probablement un cinquième rayon, lequel d'ailleurs régresse rapidement au cours de l'ontogénie. Les différents rayons sont notablement écartés et le premier, encore indivis, possède avec le tarse un contact qu'il perdra plus tard.

Au stade II, le premier rayon, toujours indivis, a déjà perdu son contact avec le tarse.

C'est seulement au stade III que tous les rayons possèdent leurs nombres de segments définitifs. L'ossification périphérique se manifeste déjà dans les métatarsiens.

Au stade IV, confusion des éléments cartilagineux du massif tarsien proximal, et extension de l'ossification à tous les segments des rayons, sauf à ceux du rayon 1.

Au stade V, apparition de l'ossification dans le premier rayon.

Dans le stade VII, on voit apparaître deux points d'ossification dans le massif tarsien proximal, correspondant l'un au péronéal, l'autre au tibial. Dans le massif tarsien distal, il existe également un point d'ossification qui paraît correspondre au rayon 3.

Dans la gaine des tendons fléchisseurs, au niveau du talon s'est développé un nouvel élément que nous avons désigné par la lettre *s* et dont la présence paraît être en rapport avec l'adaptation à la marche plantigrade.

Le stade VIII montre l'existence d'une petite cavité articulaire placée entre le tibia et le massif tarsien proximal. Cette cavité articulaire disparaît d'ailleurs très rapidement. Nous n'avons pu suivre nettement entre ce stade et le précédent le mode de développement du tissu osseux dans le massif tarsien distal; il se pourrait qu'il se développe trois points d'ossification répondant chacun respectivement à chacun des rayons, mais qui se souderaient les uns aux autres presque aussitôt après leur apparition.

Stade IX : il est à noter que, dans le rayon 1, l'ossification n'a point envahi l'extrémité distale du premier segment, alors que pour les deux autres segments, c'est l'extrémité proximale qui reste encore cartilagineuse.

Le stade X enfin représente l'état adulte.

CYTOLOGIE. — *Nouvelles recherches sur les mitoses de maturation de* Sabellaria spinulosa *Leuck.* Note de M. **Armand Dehorne**, présentée par M. Henneguy.

Ainsi que je l'avais établi, le nombre des anses pachytènes est bien 8. Au sortir du stade pachytène, le noyau entre dans une très longue période d'accroissement au cours de laquelle son diamètre devient environ 10 fois plus grand. Dès le début de cette période, les 8 anses épaisses subissent un allongement progressif en rapport avec la croissance de l'ovocyte et se dédoublent longitudinalement (première division intranucléaire, stade strepsitène des auteurs). Jusqu'ici tout se passe conformément à ce qui est admis en pareil cas; mais la seconde moitié de la période d'accroissement est marquée par un phénomène intéressant. Les moitiés longitudinales des anses pachytènes qui, dans les exemples classiques, restent associées jusqu'au début de l'anaphase I, se séparent ici complètement; en même temps, toujours à l'état filamenteux, elles se dédoublent en long à leur tour. Et ceci constitue la deuxième division intranucléaire, à la suite de laquelle les 8 anses pachytènes initiales deviennent, dans le rétiforme nucléaire, 16 paires d'anses filamenteuses.

L'ovocyte tombe de l'ovaire dans le gonocœle, y achève sa maturation, puis est évacué au dehors par l'un des canaux segmentaires correspondants. Alors, au contact de l'eau de mer, la membrane nucléaire disparaît et l'on peut compter aisément, surtout dans les œufs montés en entier, 16 dyades en croix sur l'emplacement du noyau. Ces dyades représentent les 16 paires d'anses filamenteuses précédentes; on trouve dans les coupes sériées tous les degrés de concentration et de rétraction de la substance de ces dernières pour donner les dyades en croix. Celles-ci ont la forme bien connue des chromosomes hétérotypiques des ovocytes de beaucoup d'Annélides et de Mollusques. Elles rappellent, en particulier, de près celles qui ont été décrites par Janssens (¹) dans les mitoses de l'ovocyte d'*Aplysia punctata,* où le nombre est 16 également. Tout comme chez ce Gastéropode, les 16 dyades hétérotypiques, dont les bras montrent, dès la fin de la prophase, une troisième division longitudinale (division anaphasique I des auteurs), sont dissociées à l'anaphase I; et chaque branche, déjà clivée, donne un V double en s'éloignant du plan équatorial. Le premier globule polaire contient 16 paires d'anses, il en reste 16 dans l'ovocyte.

Un second fuseau se reforme aussitôt, et, sans transition, la deuxième mitose dissocie ces paires en leurs éléments. Des numérations longuement répétées montrent que le nombre des anses simples demeurées dans l'ovocyte après la mitose II est 16.

(¹) Janssens et Elrington, *L'élément nucléinien pendant les cinèses de maturation dans l'œuf de l'*Aplysia punctata (*La Cellule*, t. XXI, 1904).

Comme le nombre des anses pachytènes est certainement 8, et que le nombre des bandes clivées d'une métaphase somatique est 16, il faut conclure qu'après l'émission du second globule polaire il n'y a pas eu encore de réduction numérique.

Dans l'état actuel des connaissances, le résultat est assez surprenant. Cependant, en 1909, Schleip (1) a montré que deux globules polaires peuvent être émis sans entraîner la réduction numérique: il est vrai qu'il s'agit ici d'un cas de parthénogenèse obligatoire. D'autre part, la littérature fournit quelques renseignements, montrant que des auteurs ont dû se trouver engagés dans la voie qui m'a conduit à ce résultat. En effet, Rückert (2) (1892) signale que, dans l'ovocyte des Sélaciens, le nombre des dyades individualisées à la fin de la période d'accroissement est égal, non au nombre réduit, mais au nombre somatique des chromosomes. En 1907, J. Maréchal (3) confirme ce fait sur le même matériel (ovocytes de *Pristiurus* et de *Scyllium*); malgré la formation d'anses pachytènes en nombre réduit, 18, le nombre des dyades hétérotypiques est égal au nombre somatique 36. Malheureusement, aucun de ces deux auteurs n'a poussé ses recherches jusqu'aux mitoses maturatives. Chez un Polyclade, Schockaert (4) (1902) croit trouver que chaque anse pachytène fournit plusieurs dyades hétérotypiques à la mitose I. Janssens (1904) se rallie à la même opinion pour l'ovocyte d'*Aplysia*. Il n'a pas compté les anses pachytènes, mais il voit les 16 dyades hétérotypiques de forme classique provenir de bandelettes chromatiques volumineuses; chaque bandelette, qui représenterait une anse pachytène, donne plusieurs dyades, probablement deux.

Je pense que, si ces quelques observations sont reprises et complétées, elles conduiront aux résultats que j'expose ici. Par suite de deux divisions longitudinales *intranucléaires* efficaces, intercalées entre le stade pachytène et la métaphase I, l'action réductrice qui opérait dès le stade leptotène est annihilée. Alors la réduction numérique ne s'effectue pas par l'intermédiaire des deux mitoses de maturation. Le moment où elle se réalise reste à trouver; il reste aussi à dire comment elle s'accomplit finalement; c'est ce que nous

(1) SCHLEIP, *Die Reifung des Eies von* Rhodites rosæ... (*Zoolog. Anzeiger*, Bd. XXXV, 1909).

(2) RÜCKERT, *Ueber die Verdoppelung der Chromosomen im Keimbläschen des Selachiereies* (*Anat. Anz.*, Bd. XIII, 1893).

(3) J. MARÉCHAL, *Sur l'ovogenèse des Sélaciens et de quelques autres Chordates* (*La Cellule*, t. XXIV, 1907).

(4) SCHOCKAERT, *L'ovogenèse chez le* Thysanozoon Brocchii (*La Cellule*, t. XX, 1902).

recherchérons prochainement. Mais nous pouvons dès maintenant introduire parmi les ovocytes la distinction suivante : 1° ceux qui possèdent un petit noyau (*Ascaris*) et où le second globule polaire renferme certainement le nombre réduit des chromosomes; 2° ceux qui possèdent un grand noyau (*Sabellaria*) et où le nombre réduit, apparu au début de la prophase I, ne persiste pas pendant la période d'accroissement. Dans la spermatogenèse, le noyau grandit beaucoup moins, en général, pendant la période d'accroissement; la mitose I se fait, comme dans les ovocytes de la première catégorie, sur le nombre réduit; la réduction numérique paraît alors étroitement liée à la formation d'anses pachytènes et au mécanisme de la mitose I. Mais, si l'abaissement du nombre des chromosomes réalisé au stade pachytène ne persiste pas jusqu'à la métaphase I, comme c'est le cas dans l'ovocyte de *Sabellaria*, la formation des anses pachytènes perd beaucoup de son importante. D'autre part, il faut dégager la notion de forme hétérotypique des chromosomes de celle de réduction.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *La composition des tissus en acides gras non volatils et en cholestérine et l'existence possible d'une « constante lipocytique ».* Note de MM. **André Mayer** et **Georges Schaeffer**, présentée par M. A. Dastre.

Nos recherches sur la composition des globules rouges nous ont montré que, dans une même espèce, la teneur de ces éléments en acides gras non volatils provenant des lipoïdes et en cholestérine oscille peu autour d'un chiffre constant et caractéristique. Nous nous sommes demandé si cette observation ne peut pas être généralisée, si cette constante physiologique n'existe pas pour tous les tissus, si chaque tissu normal ne peut pas être caractérisé par sa teneur en acides gras et en cholestérine. Les indices qui expriment cette teneur seraient représentatifs de l'organe et de l'espèce considérés, si les variations que l'on constate oscillaient dans des limites restreintes autour d'une valeur moyenne.

Les techniques que nous possédons nous permettent-elles d'entreprendre ce travail? En ce qui concerne la cholestérine, nous nous trouvons en présence d'un corps unique et qu'on peut doser par une méthode suffisamment précise. Au contraire, pour les acides gras fixes, nous n'avons que les méthodes de saponification totale, méthodes brutales, globales, qui ne permettent pas de distinguer la provenance (phosphatides, graisses

neutres, éthers de la cholestérine) des acides dosés. L'interprétation des résultats qu'elles donnent sera donc forcément entachée d'une certaine indécision, et le travail qu'elles permettent n'est qu'un travail d'approche. Il nous a paru cependant que nous pouvions le tenter.

		Poumon.			Rein.			Foie.		
		Acides gras.	Chol.	Coeff.	Acides gras.	Chol.	Coeff.	Acides gras.	Chol.	Coeff.
Chien.	I	»	»	»	12,6	1,60	12,7	12,0	0,70	6,6
	II	»	»	»	13,2	1,14	8,6	11,1	0,62	5,6
	III	9,74	2,11	21,6	10,8	1,30	12,8	10,7	0,90	8,4
	IV	8,39	1,91	22,8	13,3	1,24	9,3	11,2	0,70	6,2
	V	10,21	1,59	15	15,6	1,45	9,2	10,5	0,74	7
	VI	8,40	1,80	21	11,8	1,40	12,7	9,1	0,65	8
	VII	8,23	1,77	21,5	11,0	1,24	12,3	10,2	0,81	7,9
Lapin.	I (1)	»	»	»	13,4	1,87	13,9	12,3	1,01	8,2
	II (2)	»	»	»	15,1	1,88	12,4	10,6	0,95	8,8
	III (4)	9,0	2,15	23	9,18	1,82	19,5	9,5	0,85	8,9
	IV (8)	11,6	1,85	15	14,04	1,25	9	12,4	0,67	8
	V (16)	12,0	2,06	17	12,5	1,34	10	10,1	0,90	8,9
	VI (10)	13,1	1,84	14	»	»	»	»	»	»
	VII (9)	11,5	2,05	17	»	»	»	»	»	»
Pigeon.	I	6,8	1,9	28	18,8	1,58	8,4	12,8	1,5	12,1
	II	7,0	1,7	25	12,3	1,36	11	13,8	0,72	5,2
	III	2,9	0,6	20	16,0	1,48	9	13,9	1,23	8,9
	IV	10,9	2,4	22	19,9	1,78	8,9	17,2	1,25	7,3
	V	7,6	2,16	28	15,2	1,61	10,5	16,3	0,90	5,9
	VI	8,9	1,87	20,7	20	1,37	6,9	22,2	1,77	8
Grenouille(¹)	I	»	»	»	»	»	»	7,45	1,37	18,4
	II	»	»	»	»	»	»	10,70	1,49	13,9
	III	»	»	»	»	»	»	9,95	1,20	12,2
	IV	»	»	»	»	»	»	8,85	1,47	16,6
	V	»	»	»	»	»	»	13,89	0,98	7
								Hépatopancréas.		
Anguille.	I (5)	»	»	»	22,6	1,59	7	54,5	2,11	3,9
	II (6)	»	»	»	24,5	1,65	6,7	47,9	1,58	3,3
	III (7)	»	»	»	21,4	1,55	7,2	38,7	1,71	4,4
	IV (8)	»	»	»	13,4	0,72	5,3	47,6	1,72	3,6
	V (9)	»	»	»	16,6	1,08	6,5	51,3	2,09	4
	VI (10)	»	»	»	16,2	1,50	9	50,5	2,06	4

(¹) Grenouille : chaque dosage fait sur trois organes réunis.

		Pancréas.			Muscle (1).			Testicule (2).		
		Acides gras.	Chol.	Coeff.	Acides gras.	Chol.	Coeff.	Acides gras.	Chol.	Coeff.
Chien.	I	»	»	»	16,0	0,21	1,3	16,01	1,99	12,3
	II	12,9	0,84	6,4	9,2	0,25	2,6	14,20	1,80	12,7
	III	11,0	0,70	6,5	6,9	0,26	3	15,3	1,63	10,6
	IV	15,7	0,80	5,1	11,7	0,24	2	»	»	»
	V	13,7	0,65	4,7	22,5	0,23	1	»	»	»
	VI	14,8	0,83	5,6	12,0	0,23	1,9	»	»	»
	VII	9,9	0,70	7	19	0,31	1,6	»	»	»
Lapin.	I (1)	»	»	»	4,31	0,28	0,6	»	»	»
	II (2)	»	»	»	3,55	0,25	0,7	»	»	»
	III (4)	»	»	»	2,91	0,33	1,1	»	»	»
	IV (8)	»	»	»	2,98	0,23	0,7	»	»	»
	V (16)	»	»	»	2,44	0,22	0,9	»	»	»
	VI (10)	»	»	»	»	»	»	»	»	»
	VII (9)	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Pigeon.	I	»	»	»	21,30	0,27	1,2	»	»	»
	II	»	»	»	11,9	0,28	2,3	»	»	»
	III	»	»	»	17,5	0,26	1,4	»	»	»
	IV	»	»	»	20,2	»	»	»	»	»
	V	»	»	»	16,9	0,28	1,6	»	»	»
	VI	»	»	»	13,6	0,24	1,7	»	»	»
		Peau.								
Grenouille (3).	I	4,54	0,83	18,3	»	»	»	»	»	»
	II	4,05	0,79	19,6	»	»	»	»	»	»
	III	4,46	0,78	17,9	»	»	»	»	»	»
	IV	4,96	0,80	16,2	»	»	»	»	»	»
	V	3,95	0,61	15	»	»	»	»	»	»
								Organes génitaux.		
Anguille.	I (5)	»	»	»	40,6	0,28	0,6	68,7	0,67	9
	II (6)	»	»	»	30,5	0,38	1,2	»	»	»
	III (7)	»	»	»	43,9	0,28	0,6	62,4	1,05	1,6
	IV (8)	»	»	»	57,9	0,31	0,5	62,7	0,73	1,1
	V (9)	»	»	»	49,6	0,38	0,7	75,2	0,71	0,9
	VI (10)	»	»	»	41,3	0,45	1,1	69,0	1,30	1,8

Technique. — Nous avons employé les méthodes de Kumagawa et de Windaus,

(1) Muscle couturier chez le chien. — Muscle de la cuisse chez le lapin. — Muscle périphérique de l'anguille.

(2) Testicules d'animaux non compris dans le Tableau.

(3) Grenouille : chaque dosage fait sur trois organes réunis.

avec des modifications sur lesquelles nous reviendrons dans un Mémoire étendu. Les animaux dont nous allons nous occuper dans cette Note étaient des individus normaux, adultes, tués par saignée, et dont les organes étaient prélevés au moment même de la mort. Nous ne donnerons que quelques-uns de nos résultats, parmi plusieurs centaines de dosages pratiqués sur des animaux à l'état normal et pathologique, ceux relatifs aux vertébrés, en laissant de côté le système nerveux, qui mérite une étude spéciale, et les organes de l'homme, que nous nous réservons d'examiner à part. Tous nos chiffres représentent des teneurs rapportées à 100g de tissu sec. Les rapports $\frac{\text{cholestérine}}{\text{acides gras}}$ sont comptés en centièmes.

En examinant ces Tableaux, on est d'abord frappé par le fait que, dans chaque espèce, pour un organe donné, il existe d'assez grandes variations individuelles. Comme il fallait s'y attendre pour les raisons données plus haut, elles sont plus fortes pour les acides gras que pour la cholestérine. Elles sont aussi plus fortes pour les organes contenant du tissu conjonctif (muscle) que pour les parenchymes. Cependant, à travers ces variations individuelles, il n'est peut-être pas impossible de discerner des faits amenant à des conclusions générales :

1° Dans une même espèce, les teneurs en acides gras et en cholestérine d'un organe donné se groupent assez étroitement autour d'une moyenne. Pour la cholestérine de certains organes (muscles, rein du pigeon, du lapin, peau de la grenouille, etc.), ce groupement est si étroit qu'on peut même parler d'une constance physiologique.

2° D'une espèce à l'autre, pour un même organe, la teneur en acides gras et en cholestérine peut être très différente. La valeur générale de ces teneurs pour tous les organes est bien caractéristique d'une espèce considérée ; elle est plus forte pour les oiseaux que pour les mammifères; plus forte encore pour l'anguille.

3° Le rapport $\frac{\text{cholestérine}}{\text{acides gras}}$ est assez caractéristique d'un organe considéré. Si l'on ordonne les différents organes par rapport à ce coefficient, on trouve généralement le même ordre, quelle que soit l'espèce considérée (poumons, reins, foie, etc.).

Les chiffres bruts que nous avons obtenus nous font espérer que l'emploi de méthodes de dosage, moins globales que les méthodes actuelles, nous permettront de serrer la question de plus près et d'arriver à constater l'existence de véritables constantes physiologiques. Dès à présent d'ailleurs, nous pourrons montrer que la considération des teneurs en acides gras et

en cholestérine (ou *indices lipocytiques*) et du rapport $\frac{\text{acides gras}}{\text{cholestérine}}$ ou *coefficient lipocytique* a une grande importance physiologique (¹).

A la vérité, les acides gras dosés sont des mélanges d'acides qualitativement distincts (Leathes, Hartley), mais ils ont des propriétés physico-chimiques communes, qui déterminent certains caractères généraux des tissus dont ils sont les constituants. Dès lors, la manière différente et spécifique dont se comportent soit certains organes sur un même animal, soit certaines espèces animales, n'est peut-être que la traduction des variations quantitatives de ces constituants communs.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Synthèse biochimique de glucosides d'alcools (glucosides α) à l'aide de la glucosidase α : méthylglucoside α. Destruction de la glucosidase α en milieu fortement alcoolique.* Note de MM. **Em. Bourquelot**, **H. Hérissey**, **M. Bridel**, présentée par M. É. Jungfleisch.

Dans une Note antérieure (²) nous avons montré que la glucosidase α, contenue dans la levure basse, était susceptible de déterminer des processus synthétiques, et, en particulier, nous avons décrit l'obtention, au moyen de ce ferment, de l'éthylglucoside α. Le même procédé biochimique nous a permis de préparer le méthylglucoside α.

La solution de glucosidase α a été préparée en faisant macérer, pendant 24 heures ($t=15°$ à $20°$), de la levure de bière basse, lavée et desséchée à l'air, dans 10 fois son poids d'eau toluénée et filtrant. D'autre part, on a fait à chaud une solution aqueuse de glucose pur à 10g pour 100cm³.

Ces liquides ont été mélangés et additionnés d'eau et d'alcool dans l'ordre et dans proportions ci-dessous :

	cm³
Macéré de levure	200
Solution de glucose	100
Eau distillée	450
Alcool méthylique à 99°,5	200
Eau distillée, q.s.p	1000

(¹) L'étude systématique de ces indices et de ce coefficient dans leurs rapports avec les états digestifs est actuellement poursuivie par M. Terroine et Mlle Weill. Nous pouvons dire, dès à présent, qu'ils en sont largement indépendants. Par contre, nous avons pu constater qu'ils varient considérablement au cours des états pathologiques et sous l'influence de certains agents pharmacologiques.

(²) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 168.

Le mélange renfermait donc, pour 100^{cm^3}, environ 20^{cm^3} d'alcool méthylique pur et 1^g de glucose. Il a été abandonné à la température du laboratoire (15° à 18°) et agité de temps en temps.

La rotation initiale était de $+1°4'$ ($l=2$). Jusqu'à l'arrêt de la réaction, on a observé les rotations suivantes :

Durée.	3 jours.	6 jours.	9 jours.	15 jours.
Rotation...	$+1°32'$	$+1°50'$	$+2°2'$	$+2°12'$

soit une augmentation de 68′, représentant, d'après le calcul, la formation d'une quantité de méthylglucoside α correspondant sensiblement à 48,5 pour 100 du glucose mis en œuvre.

Le liquide a été filtré, puis porté à l'ébullition en présence de quelques grammes de carbonate de calcium; on a filtré de nouveau, concentré sous pression réduite jusqu'à environ 200^{cm^3} et ajouté 2^g de levure des boulangers, fraîche, pour détruire le glucose non transformé en glucoside.

Après 18 à 20 heures de fermentation, on a filtré, porté à l'ébullition et distillé à sec sous pression réduite, en présence d'un peu de carbonate de calcium. On a traité le résidu à chaud et à reflux par 400^{cm^3} d'éther acétique anhydre. On a filtré et abandonné à la température du laboratoire. Du jour au lendemain, il s'est déposé de longues aiguilles prismatiques incolores qui ont été recueillies et séchées dans le vide sulfurique (il y en avait $1^g,20$). De nouveaux épuisements de l'extrait en ont fourni encore 2^g.

Le produit ainsi obtenu a été identifié avec le méthylglucoside α préparé par voie chimique; il possédait le même point de fusion que ce dernier (+166°), était hydrolysé, en solution aqueuse, par la glucosidase α. Son pouvoir rotatoire a été trouvé de $\alpha_D = +156°,8$ ($p=0,1530$; $v=15$; $l=2$; $\alpha=+3°12'$).

Au cours des essais qui nous ont conduits à l'obtention biochimique de l'éthylglucoside α et du méthylglucoside α, nous avons été amenés à rechercher pourquoi, contrairement à ce qui avait été constaté pour leurs isomères β, les synthèses biochimiques de ces deux glucosides ne peuvent être effectuées que dans un milieu relativement peu alcoolique. Ou bien les alcools de titre élevé constituent simplement un milieu défavorable à l'action de la glucosidase α; ou bien ces mêmes alcools exercent sur ce dernier ferment une action nocive qui peut aller jusqu'à sa destruction. Il semble, d'après des essais spéciaux, faits avec l'alcool méthylique, que ce soit la dernière de ces hypothèses qui est conforme à la réalité.

Ces essais, dont le détail trouvera place dans une autre publication, ont montré d'abord, avec une netteté absolue, que la glucosidase α (sous

forme de macéré aqueux de levure basse), maintenue pendant 48 heures, à 15°-18°, dans des alcools méthyliques à 80° et à 60°, perdait par ce traitement toute activité, aussi bien hydrolysante sur le méthylglucoside α que synthétisante sur le glucose *d* en présence d'alcool méthylique. Ce fait est très important au point de vue général de la réversibilité, car il est d'accord avec cette hypothèse que, dans un produit fermentaire, c'est le même enzyme qui hydrolyse ou qui synthétise.

D'autre part, on a constaté que les alcools à 40° et même à 35° font subir à la glucosidase α, par un contact de 48 heures, un affaiblissement notable. Une expérience faite avec de l'alcool méthylique à 35° nous a montré, d'ailleurs, qu'il suffit de prolonger le contact avec cet alcool pour aboutir encore à une destruction complète. Il reste donc hors de doute que l'alcool méthylique de titre suffisamment élevé détruit la glucosidase α.

La destruction ne paraissant se faire qu'avec une certaine lenteur dans les alcools à 40° ou à 35°, on peut se demander pourquoi, lorsqu'on fait agir la glucosidase α dans de tels alcools, on n'observe pas au moins un commencement de synthèse appréciable. Pour ces alcools, le phénomène est évidemment complexe; en dehors du fait que l'action des traces d'émulsine contenues dans le ferment employé peut très bien masquer l'action synthétisante, alors très faible, de la glucosidase α, on pourrait peut-être admettre que, outre leur action destructive sûre, sinon immédiate ou très rapide, sur la glucosidase α, ces alcools de titre moyen sont capables d'exercer un pouvoir suspensif sur l'activité de ce ferment.

Ajoutons que de nouvelles recherches, faites sur des alcools autres que les alcools méthylique et éthylique, nous ont montré que pour certains de ces alcools, les processus synthétiques par la glucosidase α ne pouvaient s'exercer que dans des milieux encore plus riches en eau que les milieux utilisés au cours des présents essais.

PALÉONTOLOGIE. — *L'asymétrie fréquente des élytres de* Blattidæ *du terrain houiller de Commentry (Allier) et la phylogénie des groupes.* Note de M. **Fernand Meunier**, présentée par M. E. Perrier.

L'examen, très détaillé, des remarquables documents de *Blattidæ* du gisement de l'Allier m'a permis de constater que la morphologie asymétrique des élytres des Nomoneures se voit assez fréquemment chez les *Protoblattinæ*, les *Mylacrinæ* et les *Blattinæ*. Cet aspect élytral n'a cependant

été constaté que très rarement, les descripteurs disposant, la plupart du temps, d'élytres de droite ou de gauche de la première paire.

La question intéresse tout particulièrement le paléontologiste désireux de démêler quelques traits de la morphologie de ces êtres et d'esquisser leur histoire pendant le cours des âges géologiques.

On sait que les Nomoneures sont des Holométaboles à faciès très archaïque, et conséquemment pouvant nous donner une idée des formes très primitives, c'est-à-dire de celles antérieures au terrain houiller, où bien des groupes sont déjà assez nettement différenciés.

Le triage des Blattides (on voit quelques genres bien moins nombreux qu'on se l'imagine à première vue) m'autorise à faire quelques remarques qui, dans l'état actuel de la Science, ne doivent encore être envisagées que comme des jalons préliminaires. Avant de rien conclure, il y a lieu de voir, avec soin de grandes séries de *Blattidæ* de la faune récente, notamment les grandes espèces éthiopiennes, de l'Amérique du Sud et de l'Australie.

A Commentry, l'asymétrie se remarque aussi bien aux petites et très petites élytres qu'à celles de moyenne et de grande taille. Ce n'est cependant qu'une asymétrie secondaire, car elle ne modifie en rien la disposition morphologique des nervures sous-costale, radiale, médiane, cubitale et anale qui conservent invariablement une grande constance de structure. Il n'en est pas de même des branches qui forment les secteurs de ces nervures, qui présentent parfois des modifications très appréciables.

De la nervure sous-costale partent toujours des veinules (nervules) dirigées vers le bord antérieur de l'organe. Si les élytres (ailes de la première paire) sont asymétriques, les nervules sont en nombre inégal. On voit alors, par exemple, huit nervules à l'élytre gauche et dix à celle de droite ou *vice versa*. Des variations de même importance se constatent aux nervules sortant des autres secteurs (radius, médiane, cubitus) et aussi du champ anal. Le gisement français offre fréquemment à l'observateur un grand nombre de *Blattidæ* ayant conservé leurs principaux organes : élytres, thorax, abdomen et quelquefois les ailes de la seconde paire, ce qui permet de donner une portée générale, très importante, à ces cas morphologiques. La plupart du temps les systématistes décrivent des élytres isolées et ignorent conséquemment si elles appartenaient à des formes asymétriques.

Comme à Commentry il n'a été rencontré qu'un nombre relativement restreint d'ailes postérieures, il est difficile de statuer à cet égard. La même remarque s'applique aux gisements paléozoïques américains. Quelle

sera la voie suivie ordinairement par le paléontologiste ? Il décrira, comme forme distincte, chaque élytre trouvée isolément et la Science s'enrichira d'un grand nombre de formes, prétenduement nouvelles, diagnosées suivant les règles zoologiques admises. Au point de vue des faunes locales en particulier, et des relations phylogéniques probables que ces Nomoneures peuvent présenter entre eux, il pourra en résulter des erreurs très préjudiciables à l'avancement de la Science, vu l'impossibilité de reconnaître le nombre, même approximatif, des espèces d'un horizon géologique. Pour ce qui a trait à l'évolution d'un groupe déterminé, il faut s'en tenir à des observations rigoureuses permettant de solutionner le délicat problème du classement naturel des espèces.

Handlirsch et quelques autres observateurs ont signalé déjà des élytres de *Blattidæ* affectées d'asymétrie, sans cependant laisser entrevoir quels sont les errements considérables pouvant résulter de fausses indications morphologiques lorsqu'il s'agit d'esquisser l'histoire d'un genre ou d'un groupe. L'asymétrie semble être rare chez les Holométaboles paléodictyoptères, Protodonates; elle est déjà mieux accusée parmi les Protorthoptères contenant encore beaucoup de formes hétérogènes. A Commentry, les cas d'asymétrie des Blattides, sans être d'une fréquence extraordinaire, sont cependant loin d'être rares. Il m'a été possible de trouver des *Dictyomylacris*, des *Paromylacris*, des *Anthracoblattina*, des *Gerablattina* et des *Etoblattina*, à morphologie asymétrique des élytres.

Une conclusion s'impose après l'étude détaillée de toutes ces asymétries. Faut-il admettre, chez ces anciens Orthoptères, que la morphologie des élytres était encore en pleine voie d'évolution lors du dépôt primaire de Commentry ? Au contraire, tout porte à croire que les variations morphologiques de ces Nomoneures n'ont pas été aussi grandes qu'on est tenté de l'admettre. Appliqué à d'autres groupes d'insectes fossiles paléozoïques, cette même manière de voir conserve toute sa valeur.

Certes, il n'y a pas lieu d'exagérer outre mesure l'importance de ces remarques car dans quelques cas particuliers, pour ne citer ici que les Nomoneures mésozoïques, la morphologie de ces êtres comparée aux espèces paléozoïques et à celles de la faune récente présentent des caractères très critères, plaidant notoirement en faveur d'une évolution assez accusée de cette famille d'Orthoptères.

On le voit, l'étude des asymétries des élytres (elle n'est encore que sommairement esquissée) permet cependant de constater qu'il y a lieu d'être très prudent lorsqu'il s'agit d'établir de nouvelles coupes génériques de Nomoneures qui, si elles étaient représentées par les deux paires d'ailes

(élytres et ailes proprement dites), modifieraient bien des idées relatives au groupement le plus logique de ces holométaboles.

On peut admettre que les *Blattidæ* ont conservé quelques caractères des Paléodictyoptères, mais on ignore encore (en tablant d'après des faits précis) quels étaient les ancêtres présumés des Nomoneures qui, au dire de certains auteurs, se rapprocheraient des Thysanoures. Soyons sobres en conjectures philosophiques, non étayées d'après des documents indiscutables, et amassons des faits plus nombreux et plus précis avant de déchirer un coin du voile de l'histoire phylogénique, encore embrouillée, des Nomoneures paléozoïques.

L'étude de l'asymétrie des élytres des *Blattidæ* du célèbre gisement de l'Allier m'autorise à formuler les deux conclusions suivantes :

1. L'asymétrie, assez fréquente, de l'élytre droite et gauche des Blattes de Commmentry doit nous mettre en garde contre la tendance actuelle d'établir tant de nouveaux genres et nouvelles espèces, ordinairement si préjudiciable aux progrès de la Science.

2. Il y a lieu de tenir compte de l'asymétrie des élytres lorsqu'il s'agit d'établir les relations phylogéniques probables des Nomoneures paléozoïques.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Les dunes primaires de Gascogne; explication de leur formation.* Note de M. JULES WELSCH.

La côte de Gascogne est bordée, depuis l'embouchure de la Gironde jusqu'au sud de celle de l'Adour, par une bande de dunes ayant plusieurs kilomètres de largeur; on trouve d'autres dunes dans l'intérieur du plateau des Landes.

Le sable éolien de toutes ces traînées de monticules est le plus souvent assez régulier et assez fin : mais quelquefois la régularité manque et l'on y voit du gravier qui a été poussé par les vents violents; je citerai le cas des dunes fixées (ou mortes) de Caseville, sur la route de Biarritz à Bidart. M. E. Durègne a montré, dans les *Comptes rendus* du 22 décembre 1890 et du 10 mai 1897, qu'il y avait lieu de distinguer deux âges dans la formation des dunes de Gascogne; par suite, deux séries :

1° *Dunes modernes* en lignes parallèles à la direction générale de la côte;

2° *Dunes primaires*, dont l'orientation est différente, en général perpendiculaire à la première. A celles-ci, il a rattaché un certain nombre de dunes continentales.

J'ajoute qu'il est à peu près impossible de fixer l'âge relatif des dunes, en s'appuyant sur l'étude des restes fossiles ou subfossiles ; en effet le sable est siliceux, dépourvu de calcaire et d'argile ; de plus il est perméable et les eaux de pluie ont dissous tous les débris calcaires qui ont pu s'y trouver.

Les hypothèses proposées pour expliquer la formation et la disposition des dunes anciennes ne sont pas satisfaisantes. Aussi ai-je repris la question d'une façon différente, à la suite d'études comparées sur les formations quaternaires et récentes de l'ouest de l'Europe [1].

Le côté convexe de l'espèce de croissant que présente une dune élémentaire théorique primaire est dirigé, le plus souvent, vers l'Est ou le Nord-Est, tandis que, dans le cas des dunes modernes de la côte, il regarde en général vers l'Ouest.

Ces dernières ont été formées sous l'influence du régime actuel des vents, dans des conditions géographiques déterminées principalement par la direction du littoral et l'apport du sable par la mer ; elles sont en longues traînées parallèles à la côte.

On a cherché à expliquer la formation des dunes primaires en supposant que les conditions géologiques et météorologiques de l'époque correspondante étaient les mêmes que celles de l'époque actuelle. Or nous savons qu'il y a eu des changements dans le nord-ouest de l'Europe depuis la fin de l'époque tertiaire.

C'est dans cet ordre d'idées qu'il faut chercher l'explication de la formation et de la disposition des dunes primaires.

Un des éléments caractéristiques des climats est certainement le régime des vents. Dans l'ouest de l'ancien continent, depuis le nord des Iles Britanniques jusqu'au Sahara, le régime humide implique la prédominance des vents océaniques, tandis que l'état aride montre l'existence de vents continentaux. Même pour les variations rapides et journalières de température et de climat, sur un même point, il suffit le plus souvent de regarder la girouette ; les vents du Nord et du Nord-Est impliquent un régime sec, tandis que les vents du Sud-Ouest et de l'Ouest amènent la pluie.

Il y a certainement eu, à l'époque quaternaire ou pléistocène, une répartition des climats différente de celle qui régit actuellement l'ouest de l'Europe ; c'est ce qu'a montré M. F.-W. Harmer, de Norwich (Angleterre).

---

[1] Grâce à une subvention de l'Académie (Fonds Bonaparte), j'ai pu, en 1912, étudier les phénomènes littoraux depuis la frontière d'Espagne jnsqu'au nord d'Aberdeen (Écosse).

L'extension d'une immense nappe glaciaire dans le nord de l'Europe ne fait plus de doute; la Scandinavie, la Grande-Bretagne, l'Allemagne du Nord et la Russie septentrionale ont été recouvertes de glace, à un ou plusieurs moments de l'époque pléistocène.

Cette nappe glaciaire était, en général, un centre de froid et, par suite, de hautes pressions; c'était le siège d'un anticyclone; l'orientation des vents qui s'échappaient de cette surface était celle des aiguilles d'une montre; ces vents étaient froids et secs. Dans l'Europe centrale, les vents du Nord-Est et de l'Est prédominaient; je ne parle que d'une moyenne, car il y avait certainement des changements qui devaient être saisonniers, mensuels et journaliers, sans oublier les modifications en rapport avec l'avancement ou le recul des lobes glaciaires.

J'attribue la direction générale des dunes primaires et des dunes intérieures ou continentales, et leur forme particulière, à ce régime des vents; ces derniers balayaient la surface du plateau landais, séparaient les éléments fins des formations antérieures pour les accumuler en traînées plus ou moins perpendiculaires à sa direction moyenne, avec le côté convexe du croissant qui regarde vers l'Est.

Cela explique aussi la grande quantité de sable éolien qu'on trouve épars sur le plateau des Grandes Landes. C'est à la même origine qu'il faut attribuer la formation de la masse principale du lœss éolien de certaines régions; bien d'autres indices pourraient être cités d'un climat froid et sec.

Ce n'est qu'après la fusion définitive de la nappe glaciaire pléistocène du nord de l'Europe que le changement de direction des vents a pu se faire, pour en arriver à l'établissement du régime cyclonique actuel par le nord de l'océan Atlantique. Les dunes pléistocènes ont été alors modifiées légèrement quant à leur forme; elles se sont couvertes de végétation et de bois, qui en ont fait des dunes mortes.

M. Tellier adresse un Mémoire intitulé : *La chaleur dans ses sources naturelles*.

(Renvoi à l'examen de MM. d'Arsonval et Violle.)

A 4 heures et quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures et demie.

G. D.

ACADÉMIE DES SCIENCES

SÉANCE DU LUNDI 17 FÉVRIER 1913.

PRÉSIDENCE DE M. F. GUYON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Observations de nébuleuses, faites à l'Observatoire de Paris.* Note de M. G. **Bigourdan**.

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie la seconde partie du Tome III de mes observations de nébuleuses. Ce fascicule, qui renferme les mesures de ces astres compris entre $12^h 0^m$ et $14^h 0^m$ d'ascension droite, termine la publication des mesures proprement dites, commencées en 1884 et toujours continuées depuis, principalement jusqu'à 1909.

La publication a été faite heure par heure, dans les *Annales de l'Observatoire de Paris* (Observations), mais sans qu'il ait été possible de suivre l'ordre des ascensions droites, à cause de la très inégale répartition de ces astres sur les 24 heures. Pour faciliter les recherches nous indiquons pour chaque heure, dans le Tableau suivant, le volume dans lequel on la trouve :

Tome du tirage à part.	h	Volume des *Obs. de Paris*	Tome du tirage à part.	h	Volume des *Obs. de Paris.*
I (2e partie).	0......	1900	III (2e partie).	XII....	1906
	I......	1902		XIII...	1907
II.	II.....	1901	IV.	XIV...	1899
	III....	1900		XV....	1884
	IV....	1901		XVI...	1890
	V.....	1898		XVII..	1890
	VI....	1899	V.	XVIII..	1891
	VII....	1903		XIX...	1891
	VIII...	1904		XX....	1897
III (1re partie).	IX....	1892		XXI...	1897
	X.....	1893		XXII...	1898
	XI....	1905		XXIII..	1888

A mesure il a été fait un tirage à part à petit nombre qui forme cinq volumes (dont deux en deux parties chacun) : les accolades du Tableau ci-dessus indiquent la composition de chacun de ces volumes.

L'Introduction, qui reste à paraître, mais dont l'impression est commencée, formera la première partie du Tome I. Elle indiquera le but du travail, la manière dont il a été fait et donnera, avec la description de l'instrument employé, toutes les données qui peuvent être nécessaires pour reprendre en entier les calculs de réduction.

Les nébuleuses ont été rapportées chacune à son étoile de comparaison par angle de position et distance; cette méthode a permis de donner au travail une extension assez grande, puisqu'il porte sur environ 7000 nébuleuses; mais elle oblige souvent à choisir des étoiles faibles et dont les positions ne sont pas encore déterminées. La recherche des positions de ces étoiles dans les catalogues photographiques est commencée; quand elle sera terminée, on pourra conclure les positions des nébuleuses elles-mêmes et en former un catalogue.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur l'équilibre de fils dont les éléments s'attirent ou se repoussent en fonction de la distance.* Note de M. **Paul Appell.**

1. Imaginons un premier fil homogène en équilibre, la masse de l'unité de longueur étant μ. Soient

$$\xi = \varphi(\sigma), \qquad \eta = \varphi_1(\sigma), \qquad \zeta = \varphi_2(\sigma) \tag{1}$$

les coordonnées d'un point du fil, exprimées en fonction de l'arc σ compté à partir d'une extrémité. Considérons le champ de forces créé par l'attraction ou la répulsion des éléments de ce fil, en admettant que l'action de l'élément de masse m' placé en (ξ, η, ζ) sur l'élément de masse m'' placé en un point quelconque M, de coordonnées x, y, z, soit $m'm''\mathrm{V}'(r)$, $\mathrm{V}'(r)$ étant la dérivée par rapport à r d'une fonction donnée $\mathrm{V}(r)$ de la distance r de ces deux éléments

$$r = \sqrt{(x-\xi)^2 + (y-\eta)^2 + (z-\zeta)^2}.$$

Le champ de forces créé par l'action du fil dérive alors de la fonction

$$\mathrm{U}(x, y, z) = \int_0^\lambda \mu \mathrm{V}(r)\, d\sigma, \tag{2}$$

λ désignant la longueur du fil.

Les composantes de la force du champ au point M, de masse 1, sont donc

$$(3) \qquad X = \frac{\partial U}{\partial x} = \int_0^\lambda \mu V'(r) \frac{x-\xi}{r} d\sigma, \qquad \ldots$$

Soit maintenant un second fil, de longueur l, de densité linéaire m, tel que les coordonnées x, y, z d'un de ses points en fonction de l'arc s, à partir d'une extrémité, soient

$$(4) \qquad x = f(s), \qquad y = f_1(s), \qquad z = f_2(s);$$

appelons $x', y', z', x'', y'', z''$ les dérivées premières et secondes de ces fonctions par rapport à s. Écrivons que le second fil est en équilibre dans le champ créé par le premier. Nous aurons tout d'abord à écrire que la force

$$mX\,ds, \quad mY\,ds, \quad mZ\,ds,$$

qui agit sur l'élément ds, de masse $m\,ds$, du fil, est dans le plan osculateur

$$(5) \qquad (y'z'' - z'y'')X + (z'x'' - x'z'')Y + (x'y'' - y'x'')Z = 0.$$

Nous aurons ensuite, pour la tension T,

$$T = -m(U + h),$$

h désignant une constante. Si l'on appelle enfin α', β', γ' les cosinus directeurs de la normale principale et ρ le rayon de courbure, on a

$$\frac{T}{\rho} + \alpha' mX + \beta' mY + \gamma' mZ = 0$$

ou encore, puisque

$$\alpha' = \rho x'', \qquad \beta' = \rho y'', \qquad \gamma' = \rho z'',$$

$$(6) \qquad Xx'' + Yy'' + Zz'' - \frac{U+h}{\rho^2} = 0,$$

ρ étant donné par

$$\frac{1}{\rho^2} = x''^2 + y''^2 + z''^2.$$

Remplaçant, dans ces équations (5) et (6), U, X, Y, Z par leurs valeurs (2) et (3), et désignant la constante $\frac{h}{\mu}$ par k, on a les deux équations

$$(A) \qquad \int_0^\lambda \frac{V'(r)}{r} \begin{vmatrix} x-\xi & y-\eta & z-\zeta \\ x' & y' & z' \\ x'' & y'' & z'' \end{vmatrix} d\sigma = 0$$

et

$$\text{(B)}\qquad \int_0^{\lambda}\frac{V'(r)}{r}[(x-\xi)x''+(y-\eta)y''+(z-\zeta)z'']\,d\sigma - (x''^2+y''^2+z''^2)\left[k+\int_0^{\lambda}V(r)\,d\sigma\right]=0,$$

où l'on pourrait tout écrire sous un même signe $\int$, car l'intégration ne porte que sur les fonctions de σ. Il faut joindre à ces deux équations

$$\text{(C)}\qquad x'^2+y'^2+z'^2=1.$$

Mais inversement, nous supposons que le premier fil est en équilibre sous l'action du second. On a donc trois nouvelles équations, obtenues en échangeant x, y, z avec ξ, η, ζ, s avec σ, μ avec m, λ avec l, et en remplaçant k par une autre constante $\varkappa$. Ces équations sont

$$(\alpha)\qquad \int_0^{l}\frac{V'(r)}{r}\begin{vmatrix}\xi-x & \eta-y & \zeta-z\\ \xi' & \eta' & \zeta'\\ \xi'' & \eta'' & \zeta''\end{vmatrix}ds=0,$$

$$(\beta)\qquad \int_0^{l}\frac{V'(r)}{r}[(\xi-x)\xi''+(\eta-y)\eta''+(\zeta-z)\zeta'']\,ds - (\xi''^2+\eta''^2+\zeta''^2)\left[\varkappa+\int_0^{l}V(r)\,ds\right]=0,$$

$$(\gamma)\qquad \xi'^2+\eta'^2+\zeta'^2=1.$$

Les six équations (A), (B), (C), (α), (β), (γ) sont six équations intégro-différentielles simultanées définissant x, y, z, ξ, η, ζ en fonction de s et de σ respectivement.

2. *Fil unique soumis aux actions mutuelles de ses propres éléments.* — Pour traiter ce cas, il suffit de supposer que les deux fils sont identiques

$$\lambda=l,\qquad \varkappa=k,\qquad \mu=m,$$
$$x=f(s),\qquad y=f_1(s),\qquad z=f_2(s),$$
$$\xi=f(\sigma),\qquad \eta=f_1(\sigma),\qquad \zeta=f_2(\sigma).$$

Il n'y a plus alors que trois fonctions inconnues f, f_1, f_2 et trois équations (A), (B), (C). Les trois autres (α), (β), (γ) sont les mêmes, puisqu'elles se déduisent de (A), (B), (C) par l'échange des lettres s et σ.

Nous supposons, bien entendu, la fonction $V(r)$ telle que les intégrales restent finies.

3. *Cas des figures planes.* — Si l'on suppose $z = \zeta = 0$, les équations (A) et (α) sont satisfaites et il reste quatre équations (B), (C), (β), (γ) donnant x, y, ξ, η en fonction de s et de σ.

Nous pourrons écrire les équations (B) et (β)

$$(\mathrm{B}') \qquad \int_0^{\lambda} \left\{ \frac{V'(r)}{r} [(x-\xi)x'' + (y-\eta)y''] - (x''^2 + y''^2)[a + V(r)] \right\} d\sigma = 0.$$

$$(\beta') \qquad \int_0^{l} \left\{ \frac{V'(r)}{r} [(\xi - x)\xi'' + (\eta - y)\eta''] - (\xi''^2 + \eta''^2)[\alpha + V(r)] \right\} ds = 0.$$

a et α désignant des constantes.

Il est inutile d'écrire ici ces équations quand on prend d'autres variables indépendantes que les arcs et, en particulier, quand on prend comme variables indépendantes x et ξ.

4. *Cas particuliers.* — Lorsque $V(r)$ est un polynome ne contenant que des puissances positives et paires de r, les équations générales se réduisent à des équations différentielles ordinaires, car les intégrations se ramènent à des intégrales de la forme

$$\int_0^{\lambda} \xi^p \eta^q \zeta^n \, d\sigma, \qquad \int_0^{l} x^p y^q z^n \, ds$$

qui sont des constantes. A la fin des calculs, il faudra identifier les valeurs trouvées pour ces constantes, avec celles qu'on leur aura provisoirement attribuées. Le cas

$$V(r) = Cr^2 + C' \qquad (\text{C et C}' \text{ constants})$$

est élémentaire, car, dans cette hypothèse, le champ de forces créé par chaque fil est un champ de forces centrales proportionnelles à la distance.

Quand un fil homogène *fermé* est soumis aux répulsions mutuelles de ses éléments, le cercle est toujours une figure d'équilibre possible, comme on le voit *a priori* et comme on le vérifie facilement sur les équations.

Les formules générales (B′) et (β') permettent de résoudre le problème suivant : « Trouver deux courbes planes et une fonction de forces correspondante $V(r)$ telles que deux arcs *quelconques* pris l'un sur l'une des courbes, l'autre sur l'autre, et considérés comme des fils flexibles, ayant leurs extrémités fixes, soient en équilibre sous l'influence des actions mutuelles de leurs éléments ds et $d\sigma$ ». Il faut pour cela que les éléments différentiels des

deux intégrales (B′) et (β′) soient *nuls*, quelles que soient s et σ. Pour exprimer cette condition analytiquement on peut, en prenant par exemple l'intégrale (B′), commencer par exprimer que la quantité

$$F = \frac{(x-\xi)x'' + (y-\eta)y''}{x''^2 + y''^2}$$

est fonction de r, c'est-à-dire que le déterminant fonctionnel de F et de r par rapport à s et σ est nul. On a une condition analogue pour la deuxième intégrale; il faut enfin déterminer $V(r)$, a et α.

On voit, par la géométrie ou par le calcul, que *deux arcs quelconques d'une même circonférence de cercle* sont ainsi en équilibre, quand leurs éléments respectifs ds et $d\sigma$ se repoussent en raison inverse du cube de la distance.

Une méthode analogue à celle qui est employée dans cette Note semble pouvoir être étendue à l'équilibre des surfaces flexibles et inextensibles qui a fait l'objet d'intéressantes recherches de M. Lecornu (*Thèse de Doctorat* et *Journal de l'École Polytechnique*, 1880).

THERMODYNAMIQUE. — *Sur une cause d'explosion de chaudière.* Note de M. L. Lecornu.

Le 17 décembre dernier un récipient d'eau, installé dans le sous-sol d'un immeuble parisien et chauffé par un foyer intérieur, a fait explosion, blessant 7 personnes et produisant des dégâts importants.

L'appareil, qui avait la forme d'un cylindre vertical, communiquait avec l'air libre par un tuyau d'alimentation, de 2^{cm} de diamètre, partant de sa partie inférieure et aboutissant à un bac placé dans les combles. On doit dès lors se demander comment a pu naître une surpression capable de déterminer l'accident : c'est la question que je voudrais examiner ici.

Disons d'abord que, habituellement, le récipient possédait une autre communication avec l'atmosphère, grâce à une tuyauterie de circulation d'eau chaude, partant du fond supérieur pour monter jusqu'à un vase d'expansion, situé également dans les combles, à 25^m au-dessus de la cave et redescendant ensuite au récipient. Cette tuyauterie, quand elle fonctionnait, empêchait l'accumulation de vapeur; mais, le jour de l'accident, un ouvrier avait commis la maladresse de l'intercepter et, dès lors, un ma-

telas de vapeur devait naturellement se produire dans le récipient, transformé ainsi en une véritable chaudière.

Ceci posé, soient, à un instant quelconque t, P le poids d'eau subsistant dans cette chaudière, θ l'excès de sa température sur les 138° correspondant à l'ébullition sous la pression de 25^{m} ; ϖ le poids spécifique de l'eau; E l'équivalent mécanique de la chaleur ; r la chaleur de la vaporisation de l'eau à la température $138° + \theta$. Admettons que la chaleur spécifique de l'eau soit égale à l'unité. Désignons enfin par h et s la hauteur et la section du tuyau d'alimentation, par v la vitesse de l'eau dans ce tuyau.

Une première équation s'obtient en écrivant que la quantité de chaleur $q\,dt$ pénétrant dans la chaudière pendant le temps dt est employée :

1° A élever de $d\theta$ la température de l'eau de la chaudière :

2° A augmenter la force vive de l'eau du tuyau ;

3° A vaporiser le poids d'eau capable de remplacer celui qui s'engage dans le tuyau.

Il vient ainsi :

$$\text{(1)} \qquad \mathrm{P}\,d\theta + \frac{\mathrm{E}\varpi s h}{g}\, v\,dv + \varpi r s v\,dt = q\,dt.$$

D'autre part, l'excès θ de la température sur celle d'ébullition produit une surpression que nous représenterons par $k\theta$. Appliquée à la base du tuyau, cette surpression donne une force $ks\theta$ qui est égale à la dérivée de la quantité de mouvement de la colonne d'eau, d'où cette seconde équation :

$$\text{(2)} \qquad k\theta = \frac{\varpi h}{g}\,\frac{dv}{dt}.$$

Le coefficient k dépend de la température ; mais nous supposerons la variation θ assez faible pour pouvoir le regarder comme constant. L'élimination de θ entre les deux équations précédentes conduit alors à la suivante :

$$\text{(3)} \qquad \frac{d^2 v}{dt^2} + \frac{\mathrm{E}ks}{\mathrm{P}}\, v\,\frac{dv}{dt} + \frac{kgrs}{\mathrm{P}h}\, v = \frac{kgq}{\mathrm{P}\varpi h}.$$

On peut admettre qu'à l'instant initial v est nul ainsi que θ, et par conséquent $\frac{dv}{dt}$. Dans ces conditions on voit immédiatement que la valeur initiale de $\frac{d^2 v}{dt^2}$ est $\frac{kgq}{\mathrm{P}\varpi h}$ et que cette dérivée seconde décroît progressivement jusqu'à s'annuler. A ce moment il y a un maximum de $\frac{dv}{dt}$, correspondant à un maximum de pression.

L'équation (3) ne paraît pas intégrable en termes finis, lors même qu'on regarde ses coefficients comme constants. Mais on peut calculer numériquement le maximum de $\frac{dv}{dt}$, à condition de se donner les valeurs de P et de q. Si l'on prend pour P la totalité du poids d'eau pouvant rester dans la chaudière et pour q une valeur déduite de la quantité de charbon brûlée en une heure, on parvient à une surpression négligeable. Mais, en réalité, les choses ont dû se passer tout autrement. Les parois non baignées par l'eau liquide se surchauffaient fortement. De plus, par le fait de l'ébullition, la surface de séparation de l'eau et de la vapeur oscillait sans cesse. On conçoit, dès lors, qu'à un moment donné une tranche très mince de liquide ait pu se trouver rapidement chauffée à une température dépassant beaucoup 138°, ce qui revient à dire que, dans l'application de l'équation (3), il faudrait attribuer à P une valeur très petite et à q une valeur très grande. Comme, en passant de 138° à 143°, la pression monte d'une demi-atmosphère, la possibilité de l'explosion se trouve établie.

J'ajoute que la chaudière aurait peut-être résisté si le fond avait été rivé au corps cylindrique; mais ce fond était simplement soudé, et la soudure était évidemment manquée, car le décollement s'est produit sur tout le pourtour, sans déchirer le métal : il n'est pas inutile de signaler également cette autre cause de danger.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la valeur des coefficients chlorophylliens et leurs rapports avec les quotients respiratoires réels.* Note de MM. **L. Maquenne** et **E. Demoussy**.

La fonction chlorophyllienne ne s'accomplit jamais seule, mais bien toujours, ainsi que l'ont fait très justement remarquer MM. Bonnier et Mangin, concurremment avec la fonction respiratoire, qu'on peut admettre, toutes choses égales d'ailleurs, s'exercer de la même façon à la lumière qu'à l'obscurité. Il en résulte que l'étude de la première comporte, pour être complète, deux séries de déterminations distinctes : l'une relative à l'effet simultané des deux fonctions contraires, qui donnera ce que nous appelons les coefficients chlorophylliens *bruts*, l'autre faisant connaître la véritable grandeur des rapports $\frac{O}{CO^2}$ réels des gaz échangés au cours du seul processus d'assimilation. La première est d'ordre purement expérimental, c'est à elle qu'il faut rapporter les résultats obtenus autrefois par M. Boussin-

gault; la seconde exige un calcul de correction nécessitant la connaissance préalable des quotients respiratoires réels; elle a été, comme on le sait, l'objet d'un travail original de MM. Bonnier et Mangin (1), première tentative qui soit à signaler dans cette voie.

Les nombres que nous avons obtenus à la suite de nos recherches sur la respiration étant plus élevés que ceux qu'ont admis ces savants, il était naturel que nous reprissions la même étude en utilisant ces nouvelles valeurs; on va voir qu'elle nous a conduits à des conclusions notablement différentes.

La détermination des coefficients chlorophylliens bruts a été faite par la méthode du vide, dont nous avions pu apprécier la valeur expérimentale dans notre travail sur la respiration. C'est incontestablement la plus précise de toutes celles qui peuvent servir en pareil cas, aussi indiquerons-nous en quelques mots la marche qu'il convient de suivre pour l'appliquer.

Dans un flacon gazomètre de trois quarts de litre de capacité, communiquant d'une part avec la trompe et d'autre part avec un réservoir à mercure, on enferme un mélange d'air et d'acide carbonique à 8 ou 10 pour 100 de ce dernier gaz. D'un autre côté, on relie à la trompe un tube à feuilles semblable à ceux qui servent pour la respiration, on fait le vide, on laisse rentrer un peu de gaz du flacon, on fait à nouveau le vide pour obtenir une bonne purge et l'on établit une dernière fois la communication avec le gazomètre, en s'arrangeant de façon que la pression intérieure soit à peu près égale à la pression atmosphérique. Cela fait, on ferme tous les robinets, on détache le tube de la trompe, on l'expose à la lumière, sous une couche d'eau si le soleil est un peu vif; enfin, après un temps convenable d'insolation, on y refait le vide et l'on analyse le gaz recueilli; il convient, pour que la comparaison avec le gaz initial soit exempte de tout reproche, d'analyser en même temps celui-ci : il peut, en effet, changer sensiblement de composition quand on le conserve, à cause du bouchon, des tubes de raccord et de la graisse des robinets qui, à la longue, absorbent soit de l'oxygène, soit de l'acide carbonique.

De la différence des deux analyses, et en se référant aux dosages de l'azote, qui doit naturellement rester invariable, on déduit sans peine le rapport $\frac{O}{CO^2}$ de l'oxygène apparu à l'acide carbonique disparu : c'est le coefficient chlorophyllien brut.

Les expériences de Boussingault ont montré que la valeur moyenne de ce rapport est très voisine de 1, mais aussi que ses valeurs particulières sont très variables et même, dans certains cas, très supérieures à l'unité; les nôtres font voir que ce dernier cas est de beaucoup le plus général. Dans le Tableau qui suit on a rapporté les nombres que nous avons obtenus,

(1) *Ann. des Sc. nat. : Botanique*, 7e série, t. III, 1886, p. 5.

ainsi que ceux qui expriment le quotient respiratoire normal, dans des conditions aussi proches que possible de celles qui président à l'assimilation. Cette égalité des conditions ne peut d'ailleurs jamais être réalisée d'une façon rigoureuse, car on ignore absolument la température que prennent les feuilles au soleil; certainement elles s'échauffent davantage que dans le tube à respiration, et, comme le quotient respiratoire s'élève d'ordinaire avec la température, il est bien probable que les rapports $\frac{CO^2}{O}$ indiqués sont inférieurs de quelques centièmes à ceux qui correspondent réellement aux coefficients chlorophylliens trouvés.

Les quotients respiratoires et chlorophylliens sont représentés par les symboles $\frac{CO^2}{O}$ et $\frac{O}{CO^2}$ qui s'expliquent d'eux-mêmes.

Espèces.	$\frac{CO^2}{O}$.	$\frac{O}{CO^2}$.	Espèces.	$\frac{CO^2}{O}$.	$\frac{O}{CO^2}$.
Ailante	1,08	1,02	Lilas	1,07	1,03
Aspidistra	0,97	1,00	Lis	1,07	1,00
Aucuba (printemps)	1,11	1,10	Mahonia (automne)	0,95	0,99
Begonia	1,11	1,03	Maïs	1,07	1,05
Betterave	1,03[1]	1,06	Marronnier (printemps)	1,02[1]	1,06
Blé	1,03	1,02	» (été)	0,92[1]	0,98
Chou	1,07[1]	1,12	Œillette	1,09	1,09
Chou-rave	1,11	1,06	Oseille	1,04	1,04
Chrysanthème	1,02	1,01	Poirier	1,10	1,08
Dahlia	1,07	1,07	Pois	1,07	1,04
Fusain	1,08	1,02	Rhubarbe	1,02	1,00
Géranium	1,02[2]	1,05	Ricin	1,03	1,03
Haricot jeune	1,12	1,12	Rosier	1,02	1,00
» (moyenne)	1,07	1,07	Tabac	1,03	1,04
Laurier-cerise	1,03	0,97	Troène	1,03	1,02
Laurier-rose	1,05	1,01	Vigne	1,01	0,99
Lierre	1,08	1,00	Vigne vierge	1,00	1,01

A l'inspection de ces chiffres on voit immédiatement qu'il existe entre eux des rapports étroits: pour chaque espèce, les deux quotients sont du même ordre de grandeur et 29 fois sur 34 le coefficient chlorophyllien brut est égal au quotient respiratoire, aux erreurs d'expérience près, ou plus près que lui de l'unité.

Les seules exceptions sont relatives à la betterave, au chou, au géranium,

(1) Nombre sans doute trop faible : vide difficile ou épuisement très rapide.

(2) Nombre un peu douteux : plante sensible aux conditions antérieures.

au marronnier jeune et au laurier-cerise; or, les quatre premières espèces sont particulièrement difficiles à étudier, ce qui porte à croire que les $\frac{CO^2}{O}$ trouvés pour elles sont trop faibles, et la dernière n'a donné lieu qu'à un nombre d'expériences insuffisant (trois) pour en affirmer la parfaite exactitude; d'ailleurs, la veille du jour où l'on a fait la détermination du rapport $\frac{O}{CO^2}$, le 8 novembre 1911, on avait trouvé $\frac{CO^2}{O} = 0,99$. Ces exceptions ne sont donc probablement qu'apparentes, mais, même au cas où elles seraient réelles, ce qui après tout n'est pas impossible, il n'en reste pas moins certain que la lumière a pour effet habituel d'atténuer celui de la respiration et en conséquence de rapprocher de 1 le quotient caractéristique des échanges gazeux à l'obscurité.

Une pareille influence ne peut être générale que si le coefficient chlorophyllien réel a lui-même une valeur bien déterminée et sensiblement constante. Essayons de la calculer, en supposant, comme il semble ressortir des données précédentes, qu'elle est la même pour toutes les espèces végétales.

Soient $\frac{CO^2}{O} = \frac{a}{b} = m$ l'équation de la fonction respiratoire, c et d les volumes absolus d'oxygène et d'acide carbonique qui sont échangés au cours de l'assimilation, agissant seule. Le coefficient chlorophyllien brut que fournit l'expérience a pour valeur $\frac{c-b}{d-a}$, quantité qui, d'après ce que nous venons de voir, doit être comprise entre 1 et m.

Dans le cas le plus général où $m > 1$, on aura donc $\frac{c-b}{d-a} > 1$, d'où

$$1 - \frac{c}{d} < \frac{b}{d}(m-1),$$

et, dans celui où $m' < 1$, au contraire,

$$1 - \frac{c}{d} > \frac{b'}{d}(m'-1).$$

Or, le rapport $\frac{b}{d}$ et la différence $m - 1$ sont toujours de beaucoup inférieurs à l'unité, et comme les relations que nous venons de signaler s'observent encore quand le produit $\frac{b}{d}(m-1)$ est, au signe près, inférieur à 0,01, il faut en conclure que le nombre $1 - \frac{c}{d}$, à la fois plus petit qu'une

quantité positive et plus grand qu'une quantité négative qui toutes deux convergent vers O, est bien près d'être nul.

Le coefficient chlorophyllien réel $\frac{c}{d}$ s'approche donc assez de l'unité pour qu'il soit impossible d'affirmer qu'il ne lui est pas égal; en d'autres termes, dans l'acte de l'assimilation chlorophyllienne, supposée seule et dégagée de tout phénomène respiratoire, il se dégage un volume d'oxygène égal à celui de l'acide carbonique décomposé, dans les limites d'approximation des méthodes qui ont servi à en déterminer les valeurs.

Ainsi la loi de Boussingault, que ce savant, sans d'ailleurs en affirmer la parfaite correction, avait cru pouvoir déduire de ses mesures du coefficient chlorophyllien brut, et que nous venons de voir n'être pas, en général, exacte dans ce cas, est vraie pour le coefficient chlorophyllien réel, et la différence entre ces deux rapports est principalement, peut-être même uniquement, due aux variations du quotient respiratoire. La question ne pourra être définitivement tranchée qu'en abaissant davantage la limite des erreurs expérimentales possibles, par conséquent en faisant usage de méthodes plus précises encore que les nôtres.

Ces résultats, bien qu'absolument conformes à la théorie de Baeyer sur le mécanisme de l'assimilation, n'ont pas été sans nous surprendre un peu, et nous devons dire quelques mots des conséquences qu'ils entraînent. Étant donnée l'influence qu'on attribue à la lumière et à l'obscurité sur la décomposition et la formation des acides végétaux, il semble logique d'admettre que les mêmes causes doivent modifier la valeur des coefficients chlorophylliens aussi bien que celle des quotients respiratoires.

Cependant, même chez les plantes fortement acides et sensibles aux conditions antérieures, comme l'oseille et la rhubarbe, le coefficient chlorophyllien brut ne dépasse pas le quotient respiratoire; en revanche, ces espèces sont fortement influencées par la chaleur. On peut alors se demander si la désacidification qui se produit au soleil est bien, comme on est porté à le croire, l'œuvre exclusive de la lumière, et la formation des acides l'œuvre exclusive de l'obscurité, et nous nous trouvons ainsi ramenés à cette idée, émise déjà sous une autre forme par de Vries, que c'est surtout à la différence des températures du jour et de la nuit qu'il faut rapporter les changements de composition qui s'observent chez les plantes sensibles à cette influence.

Remarquons enfin que si le coefficient chlorophyllien réel est bien égal à 1, comme nous sommes conduits à l'admettre, notre méthode d'observa-

tion de la respiration à la lumière, précédemment décrite, se trouve pleinement justifiée.

En arrivant au terme de ce long travail, nous résumerons, sous forme de conclusions générales, les faits nouveaux que nous avons pu découvrir et qui nous paraissent devoir être considérés comme définitivement acquis.

1. Chez les plantes vertes, le quotient respiratoire normal des feuilles est, en général, supérieur à l'unité pendant toute leur période de croissance.

2. Le quotient respiratoire des feuilles diminue quand elles avancent en âge ou qu'elles sont soumises à un épuisement rapide; son abaissement excessif est un signe de dépérissement ou d'usure des organes sur lesquels on l'observe.

3. A température constante et dans les conditions prévues par la théorie, toutes les feuilles dont le quotient respiratoire est plus grand que 1 augmentent la pression de l'air dans lequel elles respirent, aussi bien au jour qu'à l'obscurité; au cas contraire, elles la diminuent.

4. Certaines espèces, particulièrement celles qui sont riches en acides organiques, sont sensibles aux conditions antérieures d'éclairement ou de température; une forte insolation a alors pour effet de diminuer le quotient respiratoire, quelquefois jusqu'à le rendre nul, tandis que le séjour à l'obscurité le relève.

5. A chacune des conditions qui peuvent influencer la respiration végétale correspond un état d'équilibre particulier que la plante tend à atteindre par adaptation.

6. Lorsqu'une plante est en équilibre avec les conditions extérieures, il existe une relation simple entre ses quotients respiratoires apparent et réel, la densité de chargement du milieu où elle se trouve et son coefficient d'absorption pour l'acide carbonique. Celui-ci, chez les feuilles minces, est à peu près double du coefficient de solubilité du même gaz dans l'eau pure; le suc cellulaire, dans une feuille maintenue à l'abri de la lumière, en est donc sursaturé.

7. Le coefficient chlorophyllien brut est généralement intermédiaire entre le quotient respiratoire et l'unité.

8. Le coefficient chlorophyllien réel est très approximativement égal à 1.

9. L'oxygène qui se dégage d'une feuille verte au soleil provient à peu près exclusivement de la décomposition du gaz carbonique fourni par l'atmosphère et la respiration normale.

10. Le phénomène de l'assimilation ne modifie pas sensiblement le rapport de l'hydrogène à l'oxygène dans la composition des tissus végétaux; les changements que ceux-ci éprouvent au cours de leur croissance sont dus surtout et peut-être en totalité à la fonction respiratoire.

11. Les variations qu'éprouvent les échanges gazeux, diurnes ou nocturnes, qui s'effectuent entre l'atmosphère et une plante, par conséquent les changements de composition de celle-ci, sont pour la majeure partie attribuables à l'influence qu'exerce la chaleur sur le quotient respiratoire. Ou, inversement :

Les variations que le quotient respiratoire réel éprouve à la suite des changements de température ont pour origine les modifications que la chaleur apporte à la composition chimique des tissus végétaux, la fonction chlorophyllienne n'en étant pas affectée.

PHYSIQUE. — *Sur la production de champs magnétiques intenses à la surface du Soleil.* Note de M. **Gouy**.

On regarde souvent les champs des taches solaires comme produits par des tourbillons de gaz électrisés, dont l'élément de volume dv transporte la charge $\delta\,dv$ avec la vitesse V, et produit ainsi le champ $\frac{V \sin\alpha\, dv}{r^2}$ (effet Rowland). Cette idée semble plausible au point de vue qualitatif, mais, dans les expériences du genre de celle de Rowland, il faut mettre en jeu des charges produisant des champs électriques *intenses*, pour n'obtenir que de *très faibles* champs magnétiques. Ce constraste n'est pas changé par la vaste échelle des phénomènes solaires, car les deux champs conservent leurs rapports dans des tourbillons semblables, si V et δ restent les mêmes aux points homologues.

Si l'on exprime les deux champs F et H en volts : cm et en gauss, les champs dF et dH produits par un élément de volume sont dans le rapport $\frac{300\,c}{V \sin\alpha}$, c étant la vitesse de la lumière. Les champs F et H en un même

point ne sont pas proportionnels, mais si l'on calcule leurs plus grandes valeurs F_1 et H_1 (en des points différents), les conditions de l'intégration sont comparables [1] et le rapport de ces deux valeurs est au moins de l'ordre de grandeur de $\frac{300c}{V_1}$, en désignant par V_1 la plus grande valeur de V [2].

Pour qu'un tourbillon électrisé produisît, par l'effet Rowland, les milliers de gauss que montrent les taches, il faudrait donc qu'il y eût quelque part dans le gaz des champs électriques énormes (des milliards de volts : cm), qu'aucun milieu matériel connu ne peut supporter.

Il faut donc chercher dans une autre direction. On admet généralement qu'en raison de leur température élevée les gaz du Soleil sont en partie ionisés, c'est-à-dire conducteurs, et aussi qu'ils sont le siège d'une circulation active, exigée par le transport de la chaleur. Mais, avec des conducteurs en mouvement, on peut disposer une dynamo capable de créer un champ magnétique fort, pourvu qu'elle soit amorcée par un champ faible. On peut donc concevoir l'existence dans le Soleil de *dynamos gazeuses* produisant de tels effets, si les courants gazeux présentent des dispositions appropriées et possèdent une énergie mécanique suffisante.

J'ai déjà donné une indication à ce sujet, en considérant des mouvements giratoires dans un milieu très raréfié [3]; les courants électriques y seraient produits par un mécanisme qu'on peut regarder comme une variante de l'effet Hall.

On peut aussi considérer des courants de gaz plus denses, au-dessous de la surface de la photosphère, et négliger alors l'effet Hall pour une première approximation. Soient, en un point P, V la vitesse du gaz, γ sa conduc-

---

(1) Il faut excepter le cas où le tourbillon serait constitué par un grand nombre de couches alternativement positives et négatives, dont les effets électrostatiques se neutraliseraient, tandis que leurs effets électromagnétiques s'ajouteraient, ces couches étant animées de vitesses opposées; mais une telle complication est hors de cause.

(2) Voici deux exemples très simples :

1° Une sphère tourne tout d'une pièce, la vitesse équatoriale est 1 km : sec. La densité δ est uniforme, et telle que $H_1 = 3000$ gauss (au centre). On a $F_1 = 2{,}7.10^{11}$ volts : cm à la surface de la sphère.

2° Le tourbillon est un cylindre indéfini; la vitesse est partout 1 km : sec.; la densité δ est uniforme, et telle que $H_1 = 3000$ gauss (sur l'axe). On a $F_1 = 1.35.10^{11}$ volts : cm. à la surface du cylindre.

(3) *Sur un genre particulier de courants électriques* (*Comptes rendus*, 30 septembre 1912).

tivité, H le champ magnétique dont la direction fait un angle β avec celle de V; le point P est le siège de la force électromotrice $VH\sin\beta$, d'où résultent des courants électriques dans la masse gazeuse. Ces courants produisent au point P un champ H' qui se superpose à un champ H_0 dû à une cause extérieure, d'où résulte le champ réel H. Toutes ces quantités sont indépendantes du temps.

Si nous attribuons partout à H_0 la valeur zéro, H et H' se confondent, et il peut arriver qu'ils s'annulent aussi. Supposons, au contraire, qu'il existe entre γ, le vecteur V et les coordonnées, une relation telle que H ne s'annule pas. En multipliant partout la densité du courant par un même facteur, on aurait encore un état possible, puisque H et la force électromotrice se trouveraient multipliés par ce même facteur. Il y aurait donc alors indétermination pour le courant et le champ. Si la vitesse V était partout multipliée par un même facteur K, la force électromotrice deviendrait partout trop grande ou trop petite pour maintenir les courants existants, suivant que $K \gtrless 1$. L'état envisagé ici est donc un état critique, où la dynamo s'amorce sous l'action d'un champ très faible, en fournissant un champ indéfiniment croissant (1).

Pour que les choses se passent ainsi, il faut qu'il y ait dans la masse gazeuse au moins deux régions A et B qui jouent les rôles de l'induit et de l'inducteur d'une dynamo-série. Il faut que les courants de A renforcent les courants de B, soit directement, soit par leur champ magnétique, et que, réciproquement, ceux-ci renforcent les courants de A, et cela sans limite, pourvu que V et γ conservent leurs valeurs.

Bien entendu, dans la réalité, les courants électriques et le champ seraient limités par l'énergie disponible du courant gazeux, dont la vitesse varierait automatiquement de manière à satisfaire à cette condition.

Similitude. — Considérons deux systèmes semblables de courants gazeux, dont les dimensions linéaires sont dans le rapport $n:1$; les directions du courant gazeux, ainsi que γ et H, sont supposées les mêmes aux points homologues (2). Nous supposons réalisé l'état critique défini plus haut. On établit aisément les propositions suivantes :

1° Les vitesses V sont dans le rapport $1:n$;

2° Les énergies dissipées par l'effet Joule sont dans le rapport $n:1$,

(1) L'intervention de l'effet Hall pourrait modifier sensiblement ce qui précède.

(2) La similitude rigoureuse ne peut exister sur un même soleil, puisque le gradient de γ en profondeur n'est pas arbitraire.

tandis que les énergies emmagasinées dans le champ magnétique sont dans le rapport $n^3 : 1$. Si donc on envisage la formation d'une tache dans un temps déterminé, l'énergie perdue par l'effet Joule, si les dimensions sont très grandes, sera petite vis-à-vis de l'énergie utilisée pour créer le champ magnétique.

L'action que nous envisageons est donc, à certains points de vue, facilitée par la grande échelle des phénomènes solaires. Peut-il exister des systèmes de courants gazeux capables de produire de tels effets? Si l'on pouvait disposer à volonté de γ et de V, en fonction des coordonnées, le problème admettrait des solutions, puisqu'il suffirait de copier la disposition d'une dynamo-série sans fer. Mais une telle solution paraît trop compliquée, même en attribuant à l'induit la disposition simple du disque de Faraday. Si l'on se borne à faire des hypothèses raisonnables sur V et γ, le problème devient plus ardu, sans être sans doute insoluble.

GÉOLOGIE. — *Nouvelles données relatives à la tectonique des environs de Briançon*. Note de MM. **W. Kilian** et **Ch. Pussenot**.

L'analyse attentive et minutieuse des conditions stratigraphiques de la série sédimentaire briançonnaise et des dislocations observables dans cette région des Alpes, notamment entre Briançon et la frontière italienne, nous a conduits à des résultats précis, sensiblement différents de ceux que des explorations provisoires avaient permis de formuler sur cette région exceptionnellement compliquée. L'analyse qu'on va lire nous autorise aux conclusions suivantes :

A. *Transition progressive et graduelle du facies briançonnais au facies piémontais.* — Nous avons montré dans une précédente Note ([1]) que lorsqu'on s'éloigne de Briançon vers l'Est, on voit successivement tous les termes supérieurs aux Calcaires triasiques et inférieurs au Flysch se modifier et prendre la forme de schistes; à l'est de Clavières, l'ensemble de ces facies schisteux prend, par suite d'une sorte de métamorphisme régional, accompagné de multiples intrusions de roches basiques (*Pietre verdi*), un aspect uniforme et constitue la formation connue sous le nom de *Schistes lustrés*. Au sommet de ce complexe on distingue, en certains points, des schistes plus feuilletés, *toujours dépourvus d'intercalations intrusives* de

([1]) *Comptes rendus*, 4 novembre 1912.

Roches vertes, qui continuent vers l'Est le *Flysch noir* de la zone du Briançonnais, et auxquels se rattachent nettement les brèches de l'Alpet, de l'Eychauda et du Gros, près Guillestre ([1]), et des Galettes, près Escreins, à fragments remaniés de roches vertes ([2]).

Bien qu'ils soient, en apparence seulement, liés aux Marbres en plaquettes par suite des phénomènes dynamiques qui les ont *simultanément laminés*, ces Schistes supérieurs en sont séparés par une *discontinuité de sédimentation incontestable,* attestée par la présence, dans les brèches qui les accompagnent, en certains points, de galets de roches vertes préalablement laminés, de fragments de Marbre de Guillestre (Jur. sup.), etc. ([3]).

Nous avons d'ailleurs nettement observé l'existence de synclinaux de ces Schistes éogènes (Schistes lustrés supérieurs) enclavés dans les Schistes lustrés mésozoïques (Schistes lustrés inférieurs) sur le flanc est de la cime de la Charvie, au sud-est de Cervières.

B. *Absence de ligne de discontinuité entre la zone à facies briançonnais et la zone des Schistes lustrés.* — Il ressort avec évidence de l'étude attentive et scrupuleuse de la région, qu'aucune ligne de discontinuité importante n'existe à la latitude de Briançon, à l'est de cette ville, et qu'une *solidarité manifeste relie, dans cette partie des Alpes, la zone du Piémont à la zone dite « du Briançonnais »*. Comme preuve de cette solidarité, on peut citer :

a. La continuité évidente que présentent dans leurs modifications progressives de facies, en se dirigeant de l'Ouest à l'Est, les diverses assises sédimentaires, ainsi que la présence de masses intrusives de roches vertes (*Pietre verdi*) *échelonnées au sein des assises à facies briançonnais* (val des Prés, Rio Secco, Cervières, etc.), *aussi bien que dans les Schistes lustrés* qui en représentent la continuation vers l'Est, démontrent nettement qu'il n'existe, entre les assises qui constituent les massifs qui séparent Briançon du Pelvoux et celles qui forment la région des Schistes lustrés (zone du Piémont), aucune démarcation tranchée, et que toute cette région appartient manifestement à *un même ensemble ou à une même nappe de charriage.*

b. L'analogie très grande de la faune rhétienne du Pas-du-Roc (Maurienne) avec celle des gisements situés à l'est de Briançon et occupant (la Mulatière) la base du complexe des Schistes lustrés.

([1]) Contrairement à M. Boussac, nous assimilons les brèches du Gros à celles de l'Alpet, qui leur sont *identiques* et qu'il n'y a *aucune* raison de séparer.

([2]) W. Kilian, *Bull. Serv. Carte géol. de France*, n° 75, t. XI; *Bull. Soc. géol. de France*, 3e série, t. XXVII, 1899, p. 126.

([3]) W. Kilian, *Bull. Serv. Carte géol.; Comptes rendus des Collab.*, t. X, 1898-1899, p. 100.

Si l'on ajoute à ces constatations le fait que les facies caractéristiques de la série briançonnaise se continuent à l'Ouest jusque près de Vallouise et de Guillestre et que les assises à Nummulites n'apparaissent qu'au delà de cette limite (col de l'Eychauda, Saint-Clément, Ubaye), on est amené à conclure que s'il existe dans les Alpes delphino-provençales un accident qui puisse représenter le bord frontal d'une nappe charriée, correspondant à une ligne de discontinuité, c'est *à l'ouest* du Briançonnais qu'il doit être recherché.

La présence de brèches semblables à celle de l'Eychauda à l'Alpet, près du mont Genèvre, ainsi que l'existence de roches vertes avec leur cortège (micaschistes, amphibolites, serpentines) habituel *au sein* même des assises de facies franchement briançonnaises (Chaberton, Rio Secco, Alpet, Lasseron, Cervières, etc.) dans des relations et intrications telles qu'il est absolument impossible d'en expliquer la présence par des charriages, rendent, à notre avis, tout à fait improbable l'origine lointaine de ce que M. Termier a appelé la *quatrième écaille* du Briançonnais. MM. Argand (¹) et Boussac (²), dans leurs récentes cartes structurales, ont admis l'existence de cette écaille exotique venue de l'Est, mais la constatation que nous avons faite de la liaison certaine des *Pietre verdi* avec le Jurassique supérieur nous porte à considérer comme normale la superposition constatée par M. Termier à Serre-Chevalier; il n'y a aucune raison, dès lors, de considérer comme charrié ce que M. Termier a appelé la *quatrième écaille*.

Il est d'ailleurs remarquable de voir, en Tarentaise, ces roches vertes se montrer au mont Jovet, au col de Broglie, dans une situation analogue, en relation avec les Schistes lustrés liasiques, et à Picheru avec les Marbres phylliteux du Trias, attestant ainsi une solidarité évidente entre les Schistes lustrés du bord pennique frontal, ceux du Briançonnais oriental et ceux de la zone du Piémont.

L'étude approfondie de la région qui sépare Briançon de Césanne donne donc l'impression d'une continuité parfaite entre la zone du Piémont et la zone du Briançonnais.

La structure en éventail de la zone du Briançonnais à la latitude de Briançon est incontestable et se rapproche d'une façon remarquable du schéma théorique publié par l'un de nous en 1898 (*A. F. A. S.*, Congrès de Boulogne-

(¹) Argand, *Les nappes de recouvrement des Alpes occidentales: neuf coupes dans les Alpes occidentales:* matériaux pour la Carte géologique de la Suisse, 1911.

(²) Boussac, *loc. cit.*

sur-Mer, p. 403). La zone du Briançonnais se présente bien comme « un massif central très allongé, disposé en éventail composé et pourvu de sa couverture sédimentaire » (*Ibid.*, p. 401).

Bien que les plis couchés de Rochebrune et les charnières de Cloutzeau et de Bonvoisin, refoulées vers l'Italie, soient des accidents d'une grande acuité pour de simples *plis en retour*, ils n'excluent pas l'hypothèse d'un charriage d'ensemble préalable vers l'Ouest de tout le complexe constituant l'éventail et comprenant au moins en partie la zone des Schistes lustrés, mais il nous semble désormais définitivement établi qu'il n'existe ni dans cet ensemble, ni entre la zone des Schistes lustrés et le pays briançonnais, aucune trace de discontinuité ou de surface de charriage qui permette d'y reconnaître des *nappes* de quelque importance.

M. Argand (¹), dans ses remarquables coupes des Alpes occidentales, a représenté la quatrième écaille dont il n'y a, en réalité, aucune raison pour admettre l'existence.

M. Boussac a adopté la même hypothèse et représenté, sur les cartes qui accompagnent sa magistrale monographie du Nummulitique (²), plusieurs masses de recouvrement venant de régions lointaines situées à l'Est. Or nous avons vu que s'il existe dans cette région des Alpes une ligne de contact anormale de quelque importance, elle se trouve à l'ouest de Briançon et correspond à la zone des Aiguilles d'Arves, sur le bord occidental de laquelle elle doit être recherchée, ainsi qu'en témoigne la différence considérable qui se manifeste dans la composition de la série stratigraphique à l'ouest (Pelvoux, fenêtres autochtones de l'Embrunais et de l'Ubaye) et à l'est de cette ligne (zone des Aiguilles d'Arves, masses de recouvrement de l'Embrunais et de l'Ubaye).

Cette ligne passe *en arrière* du massif cristallin du Mercantour où elle s'atténue graduellement en se prolongeant vers le Col de Tende. De toutes les lignes frontales de chevauchement observables dans les Alpes centrales et jusqu'au Sud du Mont-Blanc (Chapieux), où le bord frontal de la nappe du Petit-Saint-Bernard recouvre encore partiellement la zone des Aiguilles d'Arves, c'est la dernière qui subsiste vers le Sud.

C. *Forme et succession des accidents tectoniques, dans le Briançonnais oriental; déversement des plis vers l'Italie.* — La structure des environs

(¹) *Loc. cit.*

(²) J. Boussac, *Études stratigraphiques sur le Nummulitique alpin*, Paris, 1912 (Thèse de doctorat).

immédiats de Briançon présente une complication encore beaucoup plus grande que ne peut le faire supposer l'image, exacte dans ses traits essentiels, qu'en a donné l'un de nous sur la feuille de Briançon de la Carte géologique détaillée de la France au $\frac{1}{80000}$ (1).

Au point de vue tectonique, une coupe allant du Pelvoux à Césanne (Italie) rencontre, en se dirigeant à l'Est de Sainte-Catherine et de la Guisane, outre quelques plis verticaux ou faiblement déjetés (*hésitants*) (montagne du Grand-Aréa, Pécé), une série *de charnières anticlinales fortement couchées vers l'Italie* (pointe de Charra, du Cloutzeau, Janus, Lasseron) parfois détachées par étirement (Rocher des Prés) de leurs racines situées plus à l'Ouest, et disloquées par *des abaissements d'axe transversaux* (Gondran), par de petites cassures transversales (Briançon-ville) et par des *plis faibles secondaires* (Malapa, Cirque de l'Opon, Cirque de la Suffie). Dans la vallée de la Cerveyrette, l'érosion torrentielle a fait apparaître (*fenêtre de Cervières*) le substratum synclinal (Marbres en plaquettes et *Pietre verdi* de la batterie du Bois des Bancs) sur lequel a été refoulée vers l'est la charnière anticlinale du Lasseron-Gondran. Une autre *fenêtre* s'observe dans le vallon des Acles où apparaît le substratum synclinal de la charnière anticlinale de Charra. La variation de ces éléments dans le sens transversal par suite de plusieurs abaissements de portions importantes, de ces charnières, est tout à fait remarquable.

La plupart des accidents observables entre la Guisane et la frontière italienne accusent un énergique refoulement *vers l'Est*, ainsi qu'en témoignent les anticlinaux couchés et rabattus vers l'Est (Gondran, Lasseron, Malapa) avec laminage partiel de leurs racines dont nous avons parlé plus haut.

Au Nord-Ouest, une très importante élévation d'axe s'observe dans le massif du Thabor pour un des faisceaux de plis les plus occidentaux.

M. **Édouard Heckel** fait hommage à l'Académie du 10e Volume, 2e série (1912), des *Annales du Musée colonial de Marseille*, publiées sous sa direction.

---

(1) *Carte géol. détaillée* (feuille de Briançon à $\frac{1}{80000}$), par MM. Termier, Kilian, Lugeon et P. Lory, 1900.

RAPPORTS.

M. J. Violle, au nom de la *Commission des Paratonnerres*, donne lecture du Rapport suivant :

Sur les inconvénients que pourrait causer aux appareils des Postes et Télégraphes le voisinage de certains paratonnerres spéciaux dits niagaras.

M. le Sous-Secrétaire d'État aux Postes et Télégraphes a saisi l'Académie de l'appréhension que lui cause le projet de l'installation à Nantes d'un dispositif électrique dit *niagara* sur l'église Saint-Nicolas, située à 150^{m} environ du bureau central téléphonique, lequel est surmonté d'une tourelle d'aboutissement des fils aériens.

S'il ne s'agissait que de cette appréhension spéciale, notre réponse ne nécessiterait pas un long exposé.

Mais M. le Sous-Secrétaire d'État nous communique en outre l'avis très étudié d'un ingénieur de son administration, qui soulève divers problèmes, et il termine sa lettre en insistant sur l'importance de la « question qui intéresse à un haut degré le fonctionnement des services électriques de (son) administration, au double point de vue des lignes proprement dites et des bureaux centraux ».

Nous avons donc pensé qu'il y aurait intérêt à considérer la question d'une façon plus générale, ainsi que l'avait fait M. l'Ingénieur de l'Administration, évidemment très au courant des idées actuelles sur l'électricité et ayant approfondi la météorologie électrique.

1. D'abord, qu'est-ce qu'un niagara électrique ?

C'est une longue et large lame de cuivre électrolytique, non écroui, partant d'un faisceau de pointes en cuivre placé à grande hauteur et aboutissant à une nappe d'eau dans laquelle cette lame se termine de même par un faisceau de pointes en cuivre.

La longue lame de cuivre électrolytique et son aboutissement dans une nappe d'eau constituent, d'après l'auteur, M. de Beauchamp, les caractéristiques du système (toute action grêlifuge laissée de côté).

La manière de terminer en haut les paratonnerres par un rateau en cuivre, par des lames de cuivre en forme d'aloès disposées tout le long de la tige supérieure, ou par un balai de brins de cuivre effilés, est secondaire.

L'écartement des postes dans un barrage électrique sera à régler suivant les circonstances : on l'a pris de 10^{km} dans le barrage électrique de la Vienne, d'après la largeur de la zone qui a paru protégée à Saint-Julien-l'Ars, où la première installation fut faite en 1899.

La hauteur des postes a été fixée à 50^{m} ou 40^{m}, au minimum, au-dessus du niveau général du sol.

Sous leur action continue, « l'électricité atmosphérique, dit M. de Beauchamp, a l'air de s'engouffrer dans le sol, les orages qui se présentent menaçants paraissent absorbés; d'où le nom de *niagara* ou *gouffre électrique* donné à ces appareils, simplement pour faire image ».

Dans un langage moins imagé, nous dirons que ces appareils sont de très hauts paratonnerres, à grand débit, généralement bien installés, réserves faites de certaines critiques qui, d'ailleurs, s'appliquent à presque tous les paratonnerres, dont les bienfaits sont hors de cause ici.

2. Depuis les instructions sur les paratonnerres, successivement adoptées par l'Académie des Sciences suivant les rapports de Le Roy, de Gay-Lussac et de Pouillet, des idées nouvelles se sont introduites quant à la manière d'établir les paratonnerres.

D'un côté, Melsens a essayé d'appliquer le principe de la cage de Faraday à la protection des édifices contre les décharges atmosphériques.

D'un autre côté, les études touchant les effets produits par les oscillations électriques rapides ont conduit les physiciens à regarder les coups de foudre comme étant le plus souvent des décharges oscillantes à très courte période. D'où la nécessité de mettre à profit contre ces décharges les résultats acquis dans les études précitées ainsi que dans les installations si merveilleusement agencées de télégraphie sans fil, où les prises de terre, en particulier, sont effectuées avec un soin remarquable.

3. Il n'est peut-être pas sans intérêt de rappeler ici que l'Administration des Postes et Télégraphes a été des premières en France, et l'on doit l'en féliciter vivement, à s'engager dans la voie ouverte par Melsens et aujourd'hui généralement suivie.

Voici, en effet, plus de vingt ans que le bureau central de Marseille, pour ne parler que de celui-là, est pourvu d'un système mixte établi d'après

les plans de l'inspecteur général Belz, et comprenant, outre les anciens paratonnerres classiques, un ensemble de tiges avec saillies et pointes multiples, un système complet de rubans en cuivre étamé de haute conductibilité, de câbles en même métal, de perd-fluide et d'appareils contrôleurs. Notons encore que la terre y fut prise d'une façon en quelque sorte double. Du réseau entier partaient quatre rubans de descente reliés entre eux, à leur partie inférieure, par un câble de cuivre reposant dans une tranchée profonde où l'on versa des tonnes de coke et de sel. Puis, comme on avait reconnu, à 4^m environ au-dessous, une couche glaiseuse, on perfora cette couche et l'on y prolongea les rubans de descente par des barres allant chercher jusqu'à 8^m une couche aquifère, à l'intérieur de laquelle on les termina par des plaques de cuivre étamé.

Quelques jours à peine après l'inauguration, ce système résista victorieusement au terrible orage du 1er octobre 1891, qui, pendant trois heures consécutives, fit jaillir d'énormes lames de feu de toutes les pointes et des fils, au nombre d'un millier, aboutissant à la tourelle téléphonique.

Cet exemple est particulièrement intéressant. Il prouva une fois de plus qu'un système de paratonnerres bien conçu et exactement réalisé peut triompher d'actions extrêmement énergiques.

4. On citerait facilement des installations industrielles de paratonnerres établies, depuis lors, suivant les mêmes principes : bouquets de pointes réunis par des bandes de cuivre électrolytique étamé, larges de 30^{cm} et épaisses de 2^{mm}, épousant au mieux la forme des bâtiments en évitant les angles brusques, et gagnant directement une terre appropriée, ainsi que cela a été pratiqué en 1899 à l'usine hydro-électrique de Cusset par la Société de Jonage.

5. Mais, dans la plupart des cas, encore aujourd'hui, les prises de terre, dont M. l'Ingénieur de l'Administration souligne très judicieusement l'importance, laissent fort à désirer. On se contente, par exemple, d'amener la tige de descente dans un puits sans se préoccuper de la manière d'être de ce puits, qui peut constituer une véritable bouteille de Leyde. Une mare d'eau stagnante ne fournira le plus souvent qu'une terre bien médiocre. Une couche d'eau telle que la nappe souterraine de la Seine, que l'on considère volontiers comme formant une terre excellente, présente encore elle-même une résistance énorme, relativement à celle d'un paratonnerre bien agencé. L'admirable poste de télégraphie sans fil installé à la tour

Eiffel ne s'est pas contenté de la couche aqueuse souterraine : il s'est constitué une terre presque sans résistance au moyen de surfaces métalliques énormes, offrant ainsi un modèle auquel il importera de savoir se conformer.

6. D'ailleurs, puisque les décharges atmosphériques affectent le plus souvent la forme d'oscillations extrêmement rapides, on n'attachera qu'une importance secondaire à la résistance ohmique des conducteurs relativement à leur self-induction qu'on devra s'efforcer de réduire au minimum. Tout système de pointes devra être muni d'un conducteur descendant directement et sans sinuosités appréciables à la prise de terre, formée elle-même par une surface métallique aussi grande que possible.

7. Si donc le cuivre électrolytique convient assurément très bien pour constituer le conducteur d'un paratonnerre, on ne devra pas se faire d'illusions sur le bénéfice que présenterait la grande conductibilité de ce conducteur, tandis que la terre à laquelle il aboutit laisserait à désirer.

On n'oubliera pas non plus que, dans les manifestations les plus dangereuses de la foudre, ce ne sera pas la résistance du circuit qui gênera surtout le mouvement de l'électricité. Ce ne sera pas elle qui provoquera spécialement ces décharges qui pourront venir frapper brusquement des conducteurs voisins.

8. Déjà, dans l'instruction du 23 avril 1823, Gay-Lussac signalait le danger de rester près d'un paratonnerre en temps d'orage.

En 1897, l'attention de l'Académie fut appelée de nouveau sur cette question, à propos des dangers que peut présenter le voisinage des conducteurs d'énergie électrique et par suite de tous les conducteurs « qui, exposés à des coups de foudre, peuvent transmettre momentanément des quantités énormes d'énergie ».

D'après le rapport soumis à l'Académie le 31 mai 1897, « une ligne transportant de l'énergie électrique ne constitue par elle-même aucun danger pour les objets qui ne sont pas situés dans son voisinage immédiat : une distance de 10^{m} paraît suffisante pour écarter tout risque ».

Cette règle convient de soi aux conducteurs de paratonnerres convenablement reliés au sol.

Mais un paratonnerre, même bien agencé, peut présenter, à un instant donné, quelques défauts, surtout du côté de sa prise de terre. On agira

donc prudemment en écartant tout conducteur indépendant à 20^m au moins d'un niagara et généralement de tout système analogue.

9. Nous n'avons d'ailleurs pas à faire état ici de la conductibilité que l'air acquerrait par ionisation, sous l'action de l'électricité émise par les pointes multiples d'un paratonnerre, ce paratonnerre fût-il un niagara. L'air, même fortement ionisé, n'est en fait qu'un médiocre conducteur.

10. Il nous paraît donc que le niagara projeté sur l'église Saint-Nicolas, à Nantes, ne saurait causer aucun dommage au bureau téléphonique situé à 150^m et installé avec le soin dont l'Administration des Postes et Télégraphes s'est depuis longtemps fait une règle.

11. Nous estimons de même que, dans l'incendie qui s'est déclaré à l'Hôtel des Postes de Poitiers, pendant le violent orage de la nuit du 25 au 26 juillet 1911, le niagara installé près de 90^m au delà, sur le belvédère de l'Hôtel de Ville, n'a joué aucun rôle.

L'explication la plus vraisemblable du sinistre paraît être dans un coup de tonnerre ayant directement frappé la herse placée sur l'Hôtel des Postes.

Quoi qu'il en soit, cet incendie, rapproché des lames de feu constatées en 1891 sur les paratonnerres et les fils téléphoniques du bureau central de Marseille, comporte un enseignement, à savoir qu'au point de vue de la sécurité il y aurait avantage à n'arriver aux stations centrales que par fils souterrains.

12. Assurément, chaque fil, à son entrée au bureau, est muni d'un système d'appareils protecteurs d'intensité (fusibles coupe-circuit) et protecteurs de tension (parafoudres), qui ne laissent guère à désirer. Nous recommanderions seulement de mettre toujours en tête un parafoudre. Toutefois ce système, imaginé plutôt pour protéger des courants dus à quelque contact accidentel avec les lignes industrielles d'énergie, ne met qu'incomplètement à l'abri des effets de la foudre.

Si la foudre frappe le fil en rase campagne, elle le brise généralement sur trois ou quatre portées et elle ne va pas plus loin. Si, cependant, un courant parvient jusqu'au bureau, il sera arrêté par le système protecteur.

Mais, lorsque la foudre frappe directement la herse ou la tourelle placée à la partie supérieure du poste central, l'accident deviendra grave, si, pour une cause quelconque, la décharge se trouve localisée en quelque sorte dans un court espace, d'où elle pourra s'élancer en traits de feu funestes.

Avec des fils d'arrivée souterrains, le danger serait reporté aux cabanes de coupure (là où le réseau aérien devient souterrain), et il y serait beaucoup moins redoutable.

13. Nous devons enfin considérer le cas où des lignes aériennes passeraient à proximité d'un niagara.

En dehors de toute autre considération, la nature même des lignes aériennes, « exposées à être déplacées par diverses causes mécaniques ou météorologiques, impossibles à éviter », rend très difficile la fixation d'une distance minimum.

Une précaution essentielle consistera évidemment à installer avec un soin particulier les portions de lignes aériennes voisines d'un niagara.

Cette condition remplie, nous estimons qu'en se tenant à 20^m de distance du niagara, on sera suffisamment à l'abri des influences possibles de cet appareil sur les lignes aériennes.

14. En résumé, un niagara est un grand paratonnerre disposé en vue d'un fort débit.

Pour se garer de quelque défaut possible dans l'agencement de ce système et surtout dans sa prise de terre, pour se mettre complètement à l'abri de l'une de ces décharges latérales auxquelles peut donner lieu un conducteur frappé par certains coups de foudre, l'Administration des Postes et Télégraphes devra maintenir une distance de 20^m au moins entre un niagara, ou tout autre système analogue, et l'une quelconque de ses installations aériennes, poste d'arrivée, ou fils de lignes.

D'autre part, comme une herse ou une tourelle de fils télégraphiques ou téléphoniques aériens, installée sur un hôtel des Postes, semble particulièrement exposée à la foudre, l'Administration aura intérêt à conduire les lignes au poste central par voie souterraine.

Enfin, comme malgré les études poursuivies jusqu'à ce jour, certains effets du tonnerre restent encore mal connus, l'Académie émet le vœu que l'Administration des Postes et Télégraphes lui transmette les renseignements qu'elle est particulièrement à même de recueillir touchant l'électricité atmosphérique. Ainsi, des observations exactes s'ajouteront à celles que, depuis Arago, l'Académie se plaît à enregistrer sur une question qui intéresse si vivement l'humanité.

L'Académie adopte les conclusions de ce Rapport.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Botanique, en remplacement de M. *Strasburger*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 40,

M. Vuillemin obtient . . . . 39 suffrages
M. Sauvageot » . . . . 1 suffrage

M. Vuillemin, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

COMMISSIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination de Commissions de prix, chargées de juger les Concours de l'année 1913.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

Économie rurale : *Prix Bigot de Morogues*. — MM. Schlœsing père, Chauveau, Müntz, Émile Roux, Schlœsing fils, Maquenne, Guignard, Prillieux, Tisserand.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Costantin, Marchal.

Zoologie : *Prix Savigny*, *Cuvier*. — MM. Ranvier, Perrier, Delage, Bouvier, Henneguy, Marchal, Grandidier, Müntz, le prince Roland Bonaparte.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Laveran, Douvillé.

Médecine et Chirurgie : *Prix Montyon*, *Barbier*, *Bréant*, *Godard*, *du baron Larrey*, *Bellion*, *Mège*, *Argut*. — MM. Bouchard, Guyon, d'Arsonval, Laveran, Dastre, Lucas-Championnière, Chauveau, Perrier, Roux, Labbé, Henneguy.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Guignard, Delage.

PHYSIOLOGIE : *Prix Montyon* (Physiologie expérimentale), *Philipeaux*, *Lallemand*, *Pourat*. — MM. Chauveau, Bouchard, d'Arsonval, Roux, Laveran, Dastre, Henneguy.
Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Perrier, Guignard.

Cette Commission est également chargée de présenter une *question de prix Pourat* pour l'année 1915.

Prix Montyon (*Statistique*). — MM. de Freycinet, Haton de la Goupillière, Darboux, Carnot, Alfred Picard, Labbé, le prince Roland Bonaparte.
Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Émile Picard, Tisserand.

Prix Binoux. Histoire des Sciences. — MM. Ph. van Tieghem, Darboux, Grandidier, Émile Picard, Guyou, Alfred Picard, Bouvier.
Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Appell, Bigourdan.

Médaille Arago, Médaille Lavoisier, Médaille Berthelot. — MM. Guyon, Appell, Darboux, Ph. van Tieghem.

Prix Henri Becquerel, Gegner, Lannelongue, Gustave Roux, Trémont. — MM. Guyon, Appell, Darboux, Ph. van Tieghem, Émile Picard, Zeiller.

Prix Wilde. — MM. Ph. van Tieghem, Darboux, Lippmann, Émile Picard, Violle, Lemoine, Baillaud.
Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Termier, Lecornu.

Prix Longchampt. — MM. Chauveau, Guignard, Roux, Prillieux, Laveran, Dastre, Mangin.
Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Perrier, Maquenne.

CORRESPONDANCE.

M. **HUGO DE VRIES**, élu Correspondant pour la Section de Botanique, adresse des remercîments à l'Académie.

L'**ACADÉMIE BRITANNIQUE** invite l'Académie à se faire représenter au *Congrès international d'études historiques*, qui se tiendra à Londres du 3 au 8 ou 9 avril 1913.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *La théorie du rayonnement et les quanta.* Rapports et discussions de la Réunion tenue à Bruxelles, du 30 octobre au 3 novembre 1911, sous les auspices de M. E. Solvay, publiés par MM. P. Langevin et M. de Broglie. (Présenté par M. Lippmann.)

2° Alex. Véronnet. *Rotation de l'ellipsoïde hétérogène et figure exacte de la Terre.* (Présenté par M. C. Jordan.)

3° C. Houard. *Les Zoocécidies du nord de l'Afrique.* (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

4° C. Houard. *Les Cynipides et leurs galles*, d'après le cahier de notes du Dr J. Giraud. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

5° A. Gruvel. *Les Crustacés comestibles de la côte occidentale d'Afrique.* (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

6° Mission Gruvel *sur la côte occidentale d'Afrique* (1909-1910) : *Mollusques*, par MM. Ph. Dautzenberger, L. Germain et A. Gruvel. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

M. **Mathis** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

MM. **A. de Gramont**, **Landouzy**, **E.-A. Martel**, **Paul Renard** prient l'Académie de vouloir bien les compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section des Académiciens libres, par le décès de M. *Teisserenc de Bort*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la nature des solutions de certaines équations aux dérivées partielles.* Note de M. **Maurice Gevrey**, présentée par M. Émile Picard.

1. Dans plusieurs Notes publiées ici-même ([1]) j'ai énoncé un certain nombre de résultats relatifs à l'équation du type parabolique

$$\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + a\frac{\partial z}{\partial x} + b\frac{\partial z}{\partial y} + cz + f = 0, \tag{1}$$

([1]) *Comptes rendus*, 6 juin 1911 et 28 octobre 1912. *Voir* aussi 24 juin 1912, relativement à l'équation (2).

envisagée dans une certaine région R du plan, où les coefficients sont des fonctions de x et de y, *b gardant un signe constant*. Ces propositions concernent la nature des solutions, qui est intimement liée à la nature des coefficients ([1]).

2. Lorsque le coefficient b *peut s'annuler*, avec ou sans changement de signe, un examen particulier devient nécessaire : soit, par exemple, l'équation

$$(2) \qquad \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} - x^p \frac{\partial z}{\partial x} = 0 \qquad p \text{ entier impair.}$$

La détermination d'une solution régulière, au moyen de ses valeurs sur deux contours situés de part et d'autre de Oy, se ramène à la résolution d'une équation de Fredholm de première espèce : en fait, on forme deux solutions, à droite et à gauche de Oy, qui *se raccordent*, ainsi que leurs dérivées premières, sur l'axe des y (problème du raccordement, *loc. cit.*). On peut se poser la question sous une autre forme, comme l'a fait M. Holmgren pour l'équation de la chaleur : étant donnée une solution de (2), régulière d'un certain côté de Oy, quelle doit être la nature des valeurs qu'elle prend sur Oy pour qu'on puisse la *prolonger* de l'autre côté (problème du prolongement)? Sa réponse est la même que pour l'équation de la chaleur : il faut et il suffit que ces valeurs de z constituent ce que nous avons appelé une *fonction* H.

Ces résultats sont vrais également (et d'ailleurs beaucoup plus immédiats) quand p est pair et s'appliquent même à l'équation

$$\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + \varepsilon |x|^\alpha \frac{\partial z}{\partial y} = 0 \qquad \varepsilon = \pm 1,$$

([1]) Au sujet de cette équation, M. Holmgren a donné, dans les *Arkiv för Matematik, Astronomi och Fysik* (Bd VII), quelques propriétés relatives au maximum et au minimum des solutions et à leur unicité. J'ai eu occasion, au cours de mes recherches, d'utiliser des remarques un peu plus générales, que je donne ici. Si l'on suppose $f = 0$ et a, b, c continus dans R, *sans aucune autre restriction*, aucune solution régulière ne peut admettre en un point de R une valeur positive supérieure (ou négative inférieure) à toutes les autres. *Si b est négatif ou nul*, ce théorème est encore vrai, quand on compare la valeur de z en un point à celles qu'elle prend aux points d'ordonnée inférieure ou égale. On établit également l'unicité d'une solution de (1) prenant des valeurs données sur un contour continu : 1° fermé si b est de signe variable; 2° ouvert, situé au-dessous d'une caractéristique, et limité à ses points d'intersection (en nombre pair) avec celle-ci, si b est négatif ou nul. Dans ces deux cas, d'ailleurs, la solution ne peut dépasser les valeurs extrêmes qu'elles prend sur le contour (quand c a un signe constant les résultats sont plus précis).

α étant un nombre positif quelconque et ε pouvant changer de signe quand on traverse Oy.

3. Si maintenant nous envisageons l'équation

$$\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} - x^p \frac{\partial z}{\partial y} = a \frac{\partial z}{\partial x} + cz + f, \tag{3}$$

dans laquelle p est impair, le *problème du raccordement* peut aussi, par la formation d'une solution fondamentale suivant la méthode de M. Hadamard (¹), être ramené à la résolution d'une équation de Fredholm de première espèce. Quant au *problème du prolongement*, il conduit au résultat suivant, quel que soit p : si les coefficients a, c, f sont des fonctions H dans une région traversée par Oy, la condition nécessaire et suffisante, pour qu'une solution z, définie d'un certain côté de Oy, soit prolongeable au delà, est que $z(0, y)$ soit une fonction H sur la portion de Oy envisagée (²).

4. Nous avions déjà établi ce résultat avec d'autres quand $p = 0$ (Note du 28 octobre 1912). Les autres propositions se généralisent aussi : quand, dans l'équation (1), le coefficient b garde un signe constant dans R, ou s'annule le long de courbes H non sécantes : 1° si les coefficients sont des fonctions H en y, les solutions régulières le sont également, et la condition donnée, dans la troisième Note citée, pour le prolongement d'une solution est exacte, quelle que soit la courbe H envisagée ; 2° si de plus les coefficients sont analytiques en x, les solutions le seront également ; 3° si les courbes où b s'annule sont analytiques, et si les coefficients de (1) sont analytiques en y, toute solution, prenant des valeurs analytiques sur deux

---

(¹) *Comptes rendus*, 1er mai 1911.

(²) Le problème de Cauchy, quand on se donne les valeurs de z et de $\frac{\partial z}{\partial x}$ sur Oy, se résout facilement pour l'équation (3) en partant de la formule

$$z(x, y) = \int_0^x d\xi \int_0^\xi \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{(k!)^2} \left[\frac{x^q - \xi'^q)(\xi'^q - \xi^q)}{q^2 \xi'^q} \right]^k \frac{\partial^k f(\xi', y)}{\partial y^k} d\xi'$$

qui donne la solution de l'équation

$$\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} - x^p \frac{\partial z}{\partial y} = f(x, y) \qquad q = p + 2$$

s'annulant sur Oy, ainsi que $\frac{\partial z}{\partial x}$.

arcs analytiques d'équations $x = X_1(y)$, $x = X_2(y)$, sera une fonction analytique de y sur tout segment de caractéristique limité par ces deux arcs.

5. Il est à remarquer que certains des résultats précédents ne sont plus vrais quand on suppose que b s'annule le long d'une caractéristique. Ainsi les solutions régulières de l'équation

$$\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} - y^p \frac{\partial z}{\partial y} = 0$$

ne sont pas en général des fonctions H pour les points situés sur Ox. Cependant, si z est une fonction H en deux points de Ox [1], cette solution sera une fonction H dans toute la bande comprise entre les parallèles à Oy menées par ces deux points.

Des remarques analogues s'appliquent à l'équation

$$\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} - y^p \frac{\partial z}{\partial y} = a \frac{\partial z}{\partial x} + cz + f.$$

Pour celle-ci d'ailleurs, les théorèmes relatifs à l'analyticité par rapport à x ou y subsistent sans modifications.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques polynomes qui s'écartent le moins possible de zéro dans un intervalle donné.* Note [2] de M. **A. Pchéborski**, présentée par M. Émile Picard.

C'est P.-L. Tchébischeff qui, le premier, a étudié les polynomes qui s'écartent le moins possible de zéro dans un intervalle donné. Ces polynomes ont été ensuite l'objet des travaux importants de E. Zolotareff, A. Markoff et d'un jeune géomètre, W. Markoff, qu'une mort prématurée a enlevé à la Science [3].

---

(1) C'est-à-dire que, si x_0 et x_1 sont les abscisses de ces points, z est fonction H dans les intervalles définis par $x = x_0$, $|y| < \varepsilon$ et $x = x_1$, $|y| < \eta$, quelque petits que soient ε et η.

(2) Présentée dans la séance du 27 janvier 1913.

(3) E. Zolotareff, *Sur l'application des fonctions elliptiques aux questions des maxima et minima* (*Bull. de l'Acad. de Saint-Pétersbourg*, 1877). — A. Markoff, *Sur une question de M. Mendelejeff* (même recueil, 1889). — W. Markoff, *Sur les fonctions qui s'écartent le moins possible de zéro dans un intervalle donné*, Saint-Pétersbourg, 1912.

Je me propose ici de donner quelques théorèmes que j'ai démontrés en étudiant les polynomes $f(x) = p_0x^n + p_1x^{n-1} + \ldots + p_n$ aux coefficients réels qui satisfont à deux équations linéaires

$$(1) \qquad \alpha_0 p_0 + \alpha_1 p_1 + \ldots + \alpha_n p_n = \alpha, \qquad \beta_0 p_0 + \beta_1 p_1 + \ldots + \beta_n p_n = \beta,$$

α_i, α, β_i, β étant des nombres réels, assujettis aux conditions que deux au moins des déterminants $\alpha_i\beta_j - \alpha_j\beta_i$, $\alpha_i\beta - \alpha\beta_i$ sont distincts de zéro.

Indiquons par $\omega(\varphi)$ et $\omega_1(\varphi)$ les fonctions linéaires

$$\omega(\varphi) = \alpha_0 q_0 + \ldots + \alpha_n q_n, \qquad \omega_1(\varphi) = \beta_0 q_0 + \ldots + \beta_n q_n,$$

les nombres réels q_i étant les coefficients d'un polynome

$$\varphi(x) = q_0 x^n + \ldots + q_n$$

de degré $\leqq n$. Alors les équations (1) peuvent être écrites ainsi :

$$\omega(f) = \alpha, \qquad \omega_1(f) = \beta.$$

Nous nommerons *le plus grand écart de zéro dans l'intervalle fermé* (a, b) *du polynome* $f(x)$ *aux coefficients réels* le nombre positif L_f, assujetti à la condition $f^2(x) \leqq L_f^2\ (a \leqq x \leqq b)$, le signe $=$ ayant lieu au moins pour une valeur de x.

Il est aisé de démontrer qu'il existe un minimum $L > 0$ des nombres L_f pour les polynomes satisfaisant aux conditions (1), c'est-à-dire qu'il existe au moins un tel polynome pour lequel $L_f = L$.

Nous nommerons ces derniers polynomes *les polynomes qui s'écartent le moins possible de zéro dans l'intervalle* (a, b) ou, pour abréger, *les polynomes* (m) *dans l'intervalle* (a, b).

En généralisant la méthode donnée par W. Markoff dans le Mémoire cité qui contient des résultats importants et malheureusement très peu connus, on arrive aux théorèmes suivants :

Théorème I. — *Pour que le polynome* $f(x)$ *de degré* n *soit un polynome* (m) *dans l'intervalle* (a, b), *il faut et il suffit qu'il n'existe pas un polynome de degré au plus égal à* n *satisfaisant aux conditions :* 1° $\omega(g) = \omega_1(g) = 0$, *et* 2° *tous les nombres* $f(x_i)g(x_i)$, $i = 1, 2, \ldots, p$, *ont un même signe, les nombres* $a \leqq x_1 < x_2 < \ldots < x_p \leqq b$ *étant toutes les racines de l'équation* $f^2(x) = L_f^2$, *contenues dans l'intervalle* (a, b).

Remarquons qu'on a toujours $p \leqq n + 1$.

Conservant toujours les mêmes notations, introduisons les polynomes

$$F(x) = (x - x_1)(x - x_2)\ldots(x - x_p), \qquad F_i(x) = \frac{F(x)}{x - x_i} \qquad (i = 1, 2, \ldots, p),$$

alors nous avons les théorèmes qui suivent.

Théorème II. — *Pour que le polynome $f(x)$ de degré n soit un polynome (m) dans l'intervalle (a, b), p étant égal à $n+1$, il faut et il suffit que l'une au moins des trois conditions soit remplie : 1° tous les nombres $(-1)^i\omega(F_i)f(x_i)$, $i = 1, 2, \ldots, n+1$, ont un même signe ; 2° tous les nombres $(-1)^i\omega_1(F_i)f(x_i)$, $i = 1, 2, \ldots, n+1$, ont un même signe ; 3° il existe un entier $0 < j \leqq n+1$ pour lequel tous les nombres $(-1)^i[\omega(F_i)\omega_1(F_j) - \omega(F_j)\omega_1(F_i)]f(x_i)$, $i = 1, \ldots, j-1, j+1, \ldots, n+1$, ont un même signe.*

Théorème III. — *Pour que $f(x)$ soit un polynome (m) dans l'intervalle (a, b), p étant $\leqq n$, il faut que le rang de la matrice*

$$\begin{vmatrix} \omega(Fx^{n-p}) & \omega(Fx^{n-p-1}) & \ldots & \omega \\ \omega_1(Fx^{n-p}) & \omega_1(Fx^{n-p-1}) & \ldots & \omega \end{vmatrix} \tag{2}$$

soit égal à zéro ou à un.

Théorème IV. — *Pour que $f(x)$ soit un polynome (m) dans l'intervalle (a, b), p étant $\leqq n$ et le rang de la matrice (2) étant zéro, il faut et il suffit que l'une au moins des trois conditions soit remplie : 1° tous les nombres $(-1)^i\omega(F_i)f(x_i)$, $i = 1, 2, \ldots, p$, ont un même signe; 2° tous les nombres $(-1)^i\omega_1(F_i)f(x_i)$, $i = 1, 2, \ldots, p$, ont un même signe; 3° il existe un entier $0 < j \leqq p$ pour lequel tous les nombres $(-1)^i[\omega(F_j)\omega_1(F_i) - \omega(F_i)\omega_1(F_j)]f(x_i)$, $i = 1, 2, \ldots, j-1, j+1, \ldots, p$, ont un même signe.*

Théorème V. — *Pour que le polynome $f(x)$ soit un polynome (m) dans l'intervalle (a, b), p étant $\leqq n$ et $F(x)$ satisfaisant aux conditions $\omega(Fx^{n-p}) = \omega(Fx^{n-p-1}) = \ldots = \omega(F) = 0$, $\omega_1(Fx^{n-i}) \neq 0$* pour une valeur au moins de $i = 1, 2, \ldots, p$, *il faut et il suffit que tous les nombres $(-1)^i\omega(F_i)f(x_i)$, $i = 1, 2, \ldots, p$, aient un même signe.*

Théorème VI. — *Pour que le polynome $f(x)$ soit un polynome (m) dans l'intervalle (a, b), p étant $\leqq n$, le rang de la matrice (2) étant égal à 1 avec les conditions $\omega(Fx^{n-i}) \neq 0$, $\omega_1(Fx^{n-i}) \neq 0$ au moins pour un nombre $i = 1, 2, \ldots, p$, il faut et il suffit que tous les nombres*

$$(-1)^j[\omega(F_j)\omega_1(Fx^{n-i}) - \omega_1(F_j)\omega(Fx^{n-i})]f(x_j) \qquad (j = 1, 2, \ldots, p)$$

aient un même signe.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions entières d'ordre nul.* Note de M. **Valiron**, présentée par M. E. Picard.

Je me propose de compléter divers résultats que j'ai obtenus précédemment [1]. Soit $f(z)$ une fonction entière d'ordre nul, $M(r)$ le maximum du module pour $|z|=r$, et r_n le module du $n^{\text{ième}}$ zéro. On peut trouver des fonctions continues $\rho(x)$, dérivables à gauche et à droite, non croissantes, telles que $\rho(x)\log x$ ne décroisse pas, et que

$$n \leqq r_n^{\rho(r_n)} \qquad (n > n_0),$$

l'égalité ayant lieu pour une infinité d'indices. Ceci étant on a

$$(1) \qquad \frac{r^n}{r_1 r_2 \ldots r_n} < M(r) = \frac{r^n}{r_1 r_2 \ldots r_n} e^{\alpha r^{\rho(r)}} < e^{(1+\varepsilon)\int_{r_0}^{r} \frac{x^{\rho(x)}}{x} dx},$$

n étant le nombre des zéros de module inférieur à r; α compris entre 0 et 1, et ε tendant vers zéro avec $\frac{1}{r}$. Pour trouver une limite précise (c'est-à-dire atteinte pour certaines fonctions) pour $M(r)$, j'ai cherché à déterminer $\rho(x)$ de façon que

$$\int_{r_0}^{r} \frac{x^{\rho(x)}}{x} dx = (1+\varepsilon) \frac{r^{\rho(r)} \log r}{1+\rho(r)(\rho + \rho' r \log r)}, \qquad \lim_{r=\infty} \varepsilon = 0.$$

On est tout d'abord conduit à distinguer deux groupes de fonctions.

I. Les fonctions pour lesquelles $\frac{\log n}{\log_2 r_n}$ $\left(\text{ou ce qui est la même chose } \frac{\log_2 M(r)}{\log_2 r}\right)$ est borné supérieurement [2]. Pour ces fonctions on a simplement

$$\log M(r) < (1+\varepsilon) \frac{n \log r}{1 + \frac{\log n}{\log_2 r}} \qquad (n = r^{\rho(r)});$$

---

[1] Valiron, *Sur les fonctions d'ordre nul* (*Mathematische Annalen*, Bd. 70, 1911, p. 471; *Nouvelles Annales*, 1911). Dans ses Mémoires, M. Littlewood se préoccupe surtout de trouver des expressions asymptotiques très précises de certaines fonctions.

[2] Une partie des fonctions de cette catégorie a été étudiée par MM. Maillet, (*Comptes rendus*, 1903) et R. Mattson (*Thèse*, Upsala 1905).

dans le cas où $\frac{\log n}{\log_2 r_n}$ $\left(\text{ou } \frac{\log_2 M(r)}{\log_2 r} - 1\right)$ tend vers zéro, on a en plus

$$\overline{\lim_{r=\infty}} \frac{\log M(r)}{n \log r} = 1$$

et les réciproques prennent une forme particulièrement simple; dans le cas contraire, on a seulement une infinité de r

$$\log M(r) > (1-\varepsilon) H \frac{n \log r}{1+k}, \qquad k = \overline{\lim_{n=\infty}} \left(\frac{\log n}{\log_2 r_n}\right),$$

H étant une fonction de k supérieure à $\frac{1}{e}$. Cette limite inférieure est d'ailleurs la plus précise qu'on puisse obtenir dans le cas général.

II. Lorsque $\frac{\log n}{\log_2 r_n}$ n'est pas borné, l'expression

$$\log x(\rho + \rho x \log x)$$

ne l'est pas non plus; on peut chercher à déterminer $\rho(x)$ de telle façon qu'il existe une fonction $\varphi(x)$ vérifiant les conditions

$$\lim_{x=\infty} \frac{\varphi(x)}{\rho + \rho' x \log x} = 1,$$

$$\lim_{x=\infty} \frac{x \varphi'(x)}{[\varphi(x)]^2} = 0;$$

on a alors

(2) $$\frac{1}{e} < \overline{\lim_{r=\infty}} \frac{(\rho + \rho' r \log r) \log M(r)}{r^{\rho(r)}} < 1,$$

et ces deux limites sont les plus précises.

La détermination de $\rho(x)$ peut se faire dans les conditions suivantes : posons

$$(p, q) = \overline{\lim_{n=\infty}} \frac{\log_p n}{\log_q r_n};$$

l'une des deux suites de nombres

$$(2, 2), \quad (3, 3), \quad \ldots, \quad (p, p), \quad \ldots,$$

$$\frac{1}{(2, 3)}, \quad \frac{1}{(3, 4)}, \quad \ldots, \quad \frac{1}{(p, p+1)}, \quad \ldots,$$

doit contenir un nombre différent de zéro. Si p est le premier indice du premier nombre différent de zéro dans la suite où se présente un tel nombre, l'inégalité (2) s'écrit

$$\frac{1}{e} < \overline{\lim_{r=\infty}} \log M(r) \frac{\log n \log_2 n \ldots \log_p n}{n \log r \ldots \log_p r} < 1 \qquad (n = r^{\rho(r)}).$$

On est ainsi conduit, en considérant la complication de la relation qui lie n à $\log M(r)$, à classer les fonctions de la façon suivante :

1° Fonctions pour lesquelles un nombre de la suite

$$\overline{\lim_{r=\infty}}\left[\frac{\log_{p+1} M(r)}{\log_p r}\right] \qquad (p=2, 3, \ldots)$$

est différent de zéro; elles sont d'autant moins croissantes que p est plus grand.

2° Fonctions pour lesquelles un nombre de la suite

$$\underline{\lim_{r=\infty}}\left[\frac{\log_p r}{\log_p M(r)}\right] \qquad (p=2, 3, \ldots)$$

est différent de zéro; elles croissent d'autant plus vite que l'indice de ce nombre est plus grand.

3° Fonctions intermédiaires pour lesquelles les deux suites précédentes sont formées de zéros.

Les fonctions des deux premières classes que j'ai complètement étudiées comprennent toutes celles qu'on obtient en formant $\log M(r)$ par des combinaisons en nombre fini de logarithmes et exponentielles.

MÉCANIQUE. — *Sur un problème mécanique et ses applications à la physique cosmique.* Note de M. **Carl Störmer.**

Dans une Note récente (¹) nous avons donné une série de résultats sur les trajectoires des corpuscules électriques dans le champ d'un aimant élémentaire en les supposant aussi soumis à l'action d'une force centrale émanant de l'aimant et inversement proportionnelle au carré de la distance.

L'étude fut réduite à celle du système

$$(\mathrm{I}') \qquad \left\{\begin{array}{l} \dfrac{d^2R_1}{d\tau^2}=\dfrac{1}{2}\dfrac{\partial Q_1}{\partial R_1}, \qquad \dfrac{d^2z_1}{d\tau^2}=\dfrac{1}{2}\dfrac{\partial Q_1}{\partial z_1}, \\ \left(\dfrac{dR_1}{d\tau}\right)^2+\left(\dfrac{dz_1}{d\tau}\right)^2=Q_1+h, \end{array}\right.$$

où Q_1 était une fonction de R_1 et z_1 contenant un seul paramètre D et où h

(¹) Voir *Sur un problème important dans la Physique cosmique* (*Comptes rendus*, t. 156, 10 février 1913, p. 450).

était une constante. Ce système était susceptible d'une interprétation mécanique très utile pour l'étude des trajectoires.

Nous reproduisons ci-dessous trois figures des lignes de niveau $Q_1 = k$, k étant une constante, dont les valeurs sont écrites sur les lignes ([1]).

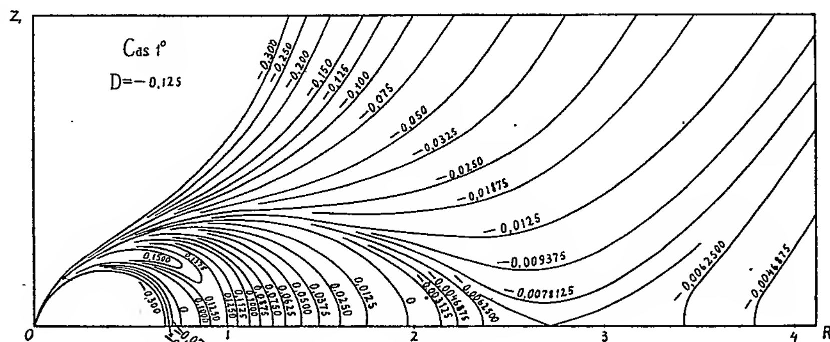


Fig. 1.

Ici le cas $D = 0$ correspond au cas sans force centrale, cas que j'ai traité dans plusieurs Mémoires sur la théorie des aurores boréales.

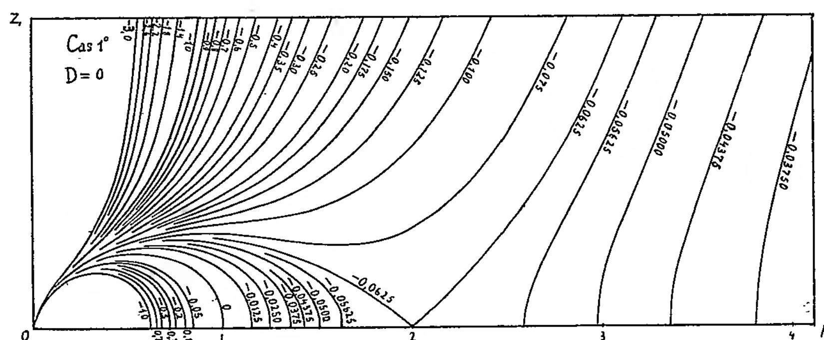


Fig. 2.

Les points doubles et leurs caractères sont immédiatement donnés par les formules de ma précédente Note ; ils sont ici tous situés sur l'axe des R_1 avec abscisses 0,95, 2,73 et 12,5 dans le cas $D = -0,125$; 2 dans le cas $D = 0$, et 1,085 et 1,565 dans le cas $D = 0,125$.

L'utilité de la construction de ces champs de force $Q_1 = k$ consiste particulièrement en ceci que *l'interprétation mécanique donnée dans ma Note précédente facilite énormément l'étude de courbes intégrales du système* (I') *et*

---

(1) Elles ont été construites par la méthode graphique indiquée.

par là celle des trajectoires dans l'espace. Par exemple, pour des valeurs fixes de h et de D, les courbes intégrales ne sortiront pas de la partie où $k \gtreqless -h$; donc les trajectoires correspondantes dans l'espace ne sortiront pas de la région obtenue en faisant tourner cette partie autour de l'axe des z_1; j'avais déjà, en 1909, terminé la discussion de ces régions, dans tous les cas, mais sans rien en publier.

A l'intérieur de la partie en question, on a par exemple les courbes que

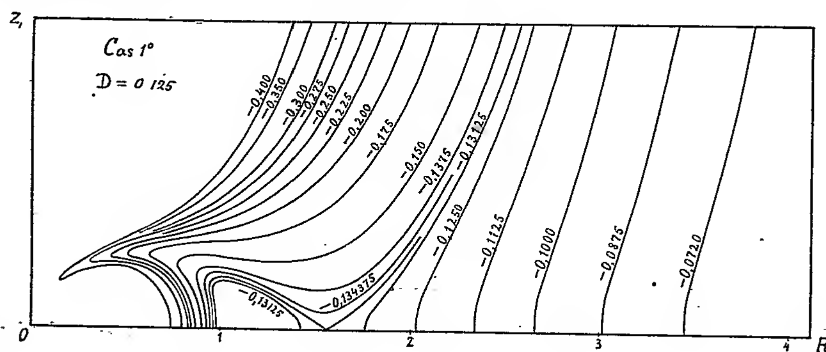


Fig. 3.

M. Painlevé (¹) appelle *trajectoires mixtes*, qui ont un point d'arrêt sur la ligne $Q_1 = -h$; en les suivant par continuité on découvre une infinité de *trajectoires périodiques* ayant encore un point d'arrêt sur cette ligne, ce qui donne dans l'espace des trajectoires composées périodiquement de parties identiques.

L'axe des R_1 figure comme *trajectoire remarquable* dans le sens de M. Painlevé et si l'on se trouve dans le premier cas avec $-\frac{\sqrt{3}}{9} < D < \frac{\sqrt{3}}{9}$, on aura sur cet axe un mouvement amenant le point (R_1, z_1) vers le point double $(\xi_1, 0)$, où $3 - \sqrt{3} < \xi < 3 + \sqrt{3}$, mais sans que ce point soit atteint en un temps fini : cela correspond précisément aux trajectoires asymptotiques dans l'espace mentionnées dans la Note de M. Kr. Birkeland (²) et dont j'ai déjà démontré l'existence pour le cas particulier $D = 0$ en 1907 (³).

Pour appliquer cette théorie à la Physique il est nécessaire, d'abord, de

(¹) Voir ses *Leçons sur l'intégration des équations différentielles de la Mécanique*, 16e leçon.

(²) Voir *Comptes rendus* du 4 novembre 1907.

(³) Voir mon Mémoire *Sur l'aurore boréale, etc.*, dans les *Archives des Sciences phys. et nat. de Genève*, 1907 (§ 20).

fixer les valeurs des constantes aM et bm figurant dans les équations de mouvement

$$\frac{d^2x}{dt^2} = a\text{M}\left(\frac{3z^2 - r^2}{r^5}\frac{dy}{dt} - \frac{3yz}{r^5}\frac{dz}{dt}\right) + bm\frac{x}{r^3},$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$

dont nous sommes parti (¹). En tenant compte des forces admises dans mon premier travail, en 1907 (²), on le fait sans difficulté, de manière que nous ne nous en occuperons pas ici.

Parmi les applications, citons la théorie de l'aurore boréale d'Arrhenius, où il suppose que des particules matérielles sont écartées du Soleil par la pression de la radiation; ensuite citons la théorie de la couronne du Soleil.

Enfin, on a un vaste champ d'applications aux expériences remarquables de M. Kr. Birkeland et aux idées qu'il en a tirées sur la lumière zodiacale, sur les comètes, sur les anneaux de Saturne et sur la cosmogonie.

Surtout, les anneaux artificiels qu'il a obtenus autour d'un globe magnétique trouvent probablement leur explication par l'étude approfondie des courbes intégrales périodiques et asymptotiques du système (I') aux environs de l'axe des R_1. Il y a des trajectoires correspondantes dans l'espace, émises aussi bien des régions équatoriales du globe que des régions polaires; ces dernieres correspondent aux courbes intégrales s'approchant de l'axe des R_1, asymptotiquement, aux environs des points d'équilibre instable avec A' négatif, conformément aux notations de ma Note précédente.

MÉCANIQUE. — *Sur les mouvements rigides d'une surface de tourbillon.* Note de M. U. **Cisotti**, présentée par M. P. Appell.

Supposons avoir une surface de tourbillon fermée, dans un liquide indéfini en mouvement irrotationnel, soumise à des forces dérivant d'un potentiel. Pendant le mouvement cette surface se déforme (en général), la déformation dépendant du mouvement même de la masse liquide.

Peut-il se faire que ladite surface se déplace rigidement ?

La réponse affirmative donne lieu à une application très simple des

(¹) Voir *Comptes rendus* du 6 mars 1911.

(²) *Videnskabsselskabets Skrifter*, 1907, Christiania.

méthodes classiques de Kirchhoff, se rapportant au mouvement d'un solide plongé dans un liquide indéfini.

1. *Préliminaires cinématiques*. — Soit σ une surface fermée, se déplaçant rigidement dans un liquide indéfini dont la densité $= 1$. Fixons un instant, et appelons S et S^* les deux champs, infini et fini, déterminés par σ dans cet instant. Introduisons un système d'axes coordonnés $Oxyz$, invariablement lié à σ. Soient encore u, v, w et p, q, r les composantes de la translation et de la rotation instantanée du mouvement rigide. Dans S, le mouvement devant être irrotationnel, on a une fonction des vitesses

$$\varphi = u\varphi_1 + v\varphi_2 + w\varphi_3 + p\varphi_4 + q\varphi_5 + r\varphi_6, \tag{1}$$

où les φ_i sont des fonctions régulières et harmoniques, s'annulant à l'infini avec leurs dérivées et satisfaisant sur la surface σ aux conditions suivantes [1] :

$$\frac{d\varphi_1}{dn} = \cos(nx), \quad \ldots, \quad \frac{d\varphi_4}{dn} = y\cos(nz) - z\cos(ny), \quad \ldots \tag{2}$$

(n est la normale à σ dirigée dans S).

Le mouvement devant être irrotationnel aussi dans S^*, on a une autre fonction des vitesses

$$\varphi^* = u\varphi_1^* + v\varphi_2^* + w\varphi_3^* + p\varphi_4^* + q\varphi_5^* + r\varphi_6^*; \tag{3}$$

les fonctions φ_i^* étant régulières et harmoniques dans S^*, et satisfaisant sur la surface σ aux mêmes conditions (2) que les fonctions φ_i.

On voit bien que la détermination de φ et de φ^* exige la résolution de problèmes de Neumann : extérieurs et intérieurs.

2. *Caractère tourbillonnaire de la surface* σ. — Les fonctions φ et φ^* ont la même dérivée normale sur σ; mais leurs dérivées tangentielles ne peuvent pas se rattacher sur la même surface σ, car alors φ et φ^*, à cause de leur régularité, seraient identiquement nulles, ce qui n'est pas vrai, en général. Comme les dérivées tangentielles de φ et φ^* donnent sur σ les composantes tangentielles de la vitesse du liquide, on peut dire que ces vitesses sont discontinues à travers de σ.

Cela caractérise (il est classique), la nature tourbillonnaire de la surface σ.

---

[1] KIRCHHOFF, *Vorlesungen über mathematische Physik* (*Mechanik*), p. 224, Leipzig, Teubner, 1883.

3. *La distribution des tourbillons est déterminée.* — Voilà maintenant comment on doit poser la question.

Assignée la forme de la surface fermée σ, et son mouvement rigide, on peut déterminer, dans chaque instant, les fonctions φ et φ^*. En particulier, on peut évaluer dans chaque point de σ les vitesses tangentielles des molécules liquides situées sur les deux faces opposées de la surface σ : leur différence donne le tourbillon dans le point envisagé. La distribution des tourbillons est ainsi déterminée.

L'équation

$$\varphi - \varphi^* = \text{const.} \tag{4}$$

va représenter sur σ les lignes de tourbillon.

4. *Exemple : surface sphérique.* — Soit 1 le rayon de la sphère, O son centre. Quel que soit le mouvement rigide dont on la suppose animée, on peut choisir le point O comme centre de réduction.

Le mouvement instantané se compose alors d'une translation et d'une rotation autour d'un axe passant par O : soit Oz. Il est bien connu que la rotation ne donne aucune contribution au mouvement de la masse liquide. Il suffit, partant, de considérer la seule translation.

On a alors (il s'agit bien de formules classiques)

$$\varphi = -\frac{wz}{2\rho^3}, \qquad \varphi^* = wz; \tag{5}$$
$$\rho = \left|\sqrt{x^2+y^2+z^2}\right|.$$

Sur la surface σ on a $\rho = 1$, donc

$$\varphi - \varphi_0 = -\frac{3}{2}wz = -\frac{3}{2}w\cos\vartheta, \tag{6}$$

ϑ étant la colatitude. C'est-à-dire :

Les lignes de tourbillon sont des paralèlles, et la grandeur du tourbillon est $\frac{3}{4}w\sin\vartheta$.

Il s'ensuit que la distribution des tourbillons, susceptible de provoquer un mouvement de la sphère sans déformation, est à tout instant symétrique autour de la vitesse du centre au même instant, et l'intensité du tourbillon va toujours décroissant de $\frac{3}{4}w$ à l'équateur, jusqu'aux pôles, où elle s'annule.

ÉLECTRICITÉ. — *Retard de l'électrolyse sur la force électromotrice polarisante.* Note de M. A. GRUMBACH, présentée par M. Lippmann.

Quand on polarise une électrode au moyen d'une force électromotrice suffisante pour produire l'électrolyse, on peut se demander s'il y a simultanéité entre ce dernier phénomène et l'application de la force électromotrice ou bien si le dégagement gazeux ne commence qu'un temps fini t après la mise en circuit; si celle-ci, dans la seconde hypothèse, n'a lieu que pendant un temps très court, inférieur à t, on doit s'attendre à n'apercevoir encore aucune bulle pour une force électromotrice qui, appliquée en permanence, produira une électrolyse continuelle. Tel est le but des expériences décrites dans cette Note :

On regarde au microscope une électrode constituée par l'extrémité d'un fil de platine soudé dans un tube de verre; le fil affleure exactement à la surface qui a été polie sur une meule fine. L'autre électrode est constituée par un fil de platine de $0^{mm},5$ de diamètre et de 12^{cm} de longueur. Toutes deux plongent dans de l'acide sulfurique à $\frac{1}{6}$ en volume.

Pour observer commodément l'apparition des premières bulles, on a recourbé le tube de verre de la petite électrode de manière que son axe coïncide avec celui du microscope qui est horizontal. On peut ainsi, suivant le mode d'éclairement, voir les bulles brillantes se détacher sur fond sombre ou dissimuler l'électrode qui réfléchit la lumière.

Un appareil à chute met, pendant un temps très court, le voltamètre en dérivation sur le circuit d'un accumulateur; la durée du contact employé ici était de $0^s,12$.

On constate qu'à partir d'une certaine force électromotrice m, le contact instantané ne donne encore lieu à aucune électrolyse, tandis qu'en laissant la communication fermée plus longtemps, on voit des bulles apparaître. Au-dessus d'une certaine force électromotrice $M \geqq m$, elles se forment même en $0^s,12$. Ajoutons qu'à partir d'une certaine valeur de la force électromotrice comprise entre m et M, il y a électrolyse réelle en régime permanent; le contact demeurant fermé, la décomposition du liquide se poursuit régulièrement.

Nous donnons ici quelques nombres à titre d'exemple :

Diamètre de la petite électrode en mm.	Force électromotrice polarisante (en volts). Hydrogène.		Oxygène.	
	m.	M.	*m'.*	M'.
$\frac{1}{10}$	0,86	0,92	1,07	1,23
$\frac{1}{50}$	0,90	0,93	1,21	1,21
$\frac{1}{100}$	0,95	0,95	1,35	1,35

Les premières bulles se forment sur le contour de l'électrode; quand on atteint M, on voit souvent un ou deux points brillants isolés qui disparaissent très rapidement après la mise en circuit instantanée. D'autre part, la différence M — *m* diminue avec la surface de l'électrode.

En résumé, l'électrolyse présente un retard appréciable sur l'application de la force électromotrice polarisante.

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. — *Influence réciproque des antennes parallèles sur les conditions de réception des ondes hertziennes.* Note de M. **Georges Meslin**, présentée par M. E. Bouty.

Au poste récepteur de T. S. F. que j'ai installé à Montpellier, j'ai eu l'occasion d'observer qu'en utilisant plusieurs antennes placées dans le voisinage les unes des autres et reliées à des appareils récepteurs, les conditions de réception par l'une d'elles sont notablement modifiées par le réglage des autres.

Dans un premier groupe d'expériences je dispose de deux antennes A et A', l'une et l'autre horizontales, A' étant installée à quelques mètres au-dessous de A et parallèlement à celle-ci. Elles ont à peu près la même longueur (70^m environ); mais A est formée de trois fils distants entre eux de 1^m, tandis que A', constituée par un seul fil, correspond à une longueur d'onde un peu moindre. L'antenne A est en relation avec un récepteur R (récepteur par dérivation simple, modèle Ducretet); l'antenne A' est en relation avec le primaire d'un récepteur par induction R'.

En général, l'antenne A' influe peu sur les conditions de réception par A, c'est-à-dire qu'il importe peu que A' soit isolée, ou reliée directement à la terre, ou reliée à celle-ci par la self de R', *pourvu toutefois que cette self n'ait pas précisément la valeur nécessaire pour établir la résonance, c'est-à-dire la meilleure réception en* R'. Si l'on réalise, en effet, cette condition, l'audition en R par l'antenne A diminue brusquement et tout déréglage

de A′—R′, soit par augmentation ou par diminution de self, soit par l'isolement de A′ par rapport à R′, améliore l'audition par A.

Ce résultat n'a d'ailleurs rien d'étonnant; on conçoit que, A′ étant mise dans les conditions où elle reçoive et utilise l'énergie, A puisse alors en recevoir ou en utiliser une moindre quantité. *Mais la propriété en question ne subsiste pas en ce qui concerne l'action réciproque de* A *sur* A′, c'est-à-dire que le réglage de A—R pour les conditions de résonance n'amène pas un minimum d'audition en A′R′ : en effet, en déréglant alors A par augmentation de self, on améliore l'audition par A′, tandis qu'on l'affaiblit si l'on dérègle A par diminution de la self de R; on passe toutefois par un minimum, car l'isolement complet de A par séparation de A et de R produit une légère amélioration de l'audition par A′.

Il y a là, entre l'action de A—R sur A′—R′, une dissymétrie qui ne tient pas d'ailleurs à la différence des appareils récepteurs R, R′, car elle se maintient en permutant les communications, c'est-à-dire en reliant A avec R′ et A′ avec R. Elle se produit encore, comme je l'ai constaté, en mettant des détecteurs électrolytiques ou des détecteurs à cristaux, ces détecteurs pouvant être de nature différente et permutés d'une façon quelconque pour R et R′.

Cette dissymétrie peut donc être liée soit à la différence de dimensions des antennes, soit à leurs positions respectives. Et, ainsi que M. le commandant Ferrié a bien voulu me le suggérer, il y a intérêt à élucider ce point pour jeter quelque lumière sur les théories encore obscures relatives à la réception des ondes hertziennes. D'après certains physiciens, il y aurait deux propagations, l'une à travers l'éther de l'atmosphère, l'autre à travers l'éther du sol, d'où la possibilité d'interférences dans la production desquelles la position relative des antennes placées l'une au dessus de l'autre jouerait un rôle important; pour d'autres, l'énergie utilisée dans chaque antenne proviendrait de l'énergie reçue et de l'énergie rayonnée, ce qui ferait intervenir, pour une même position relative des deux antennes, les dimensions respectives (capacité, self-induction) de chacune d'elles.

Pour approfondir ce point, j'ai permuté les deux antennes, mettant à la partie supérieure l'antenne A à trois fils et j'ai recommencé les déterminations indiquées plus haut. J'ai observé la même dissymétrie (¹) qui ne

---

(¹) Les actions signalées sur A sont même un peu plus intenses si l'antenne A est à la partie supérieure, auquel cas elle reçoit plus d'énergie.

semble donc pas liée à la position des antennes et qui peut se résumer de la façon suivante :

La réception par la petite antenne A′ est améliorée lorsque l'antenne A est reliée à la self qui la règle à sa résonance ou à une self de valeur supérieure. Au contraire, l'audition de la grande antenne A est toujours diminuée si A′ est réglée à sa résonance; elle est toujours améliorée par le déréglage de A′, soit qu'on agisse sur la self d'antenne, soit qu'on modifie le secondaire du circuit de résonance.

ÉLECTRICITÉ. — *Diagramme bipolaire des alternateurs synchrones travaillant, en générateurs ou en récepteurs, sur un réseau à potentiel constant, dans la théorie des deux réactions* [1]. Note de M. **André Blondel**, transmise par M. P. Villard.

Le diagramme nouveau est une généralisation du diagramme que j'ai donné dans mon Livre: *Moteurs synchrones* (Encyclopédie Léauté), page 143, figure 43, dans lequel on remplacera les impédances $Z = \sqrt{r^2 + \omega^2 L^2}$ et l'angle de phase γ par ceux déduits de $Z_t = \sqrt{r^2 + \omega^2 L_t^2}$ (avec $L_t = l_t + s$) et $\tang \gamma = \frac{\omega L_t}{r}$.

En combinant le vecteur de la force électromotrice U avec le vecteur $Z_t I$ porté suivant AA_1 sous l'angle $\frac{\pi}{2}$ en avance à partir du vecteur I du courant efficace, on obtiendra une force électromotrice fictive OA_1 qui serait celle de Joubert si $L_t = L$, et que j'appellerai, pour ce motif, *force électromotrice « joubertique »* de l'alternateur fonctionnant en génératrice.

---

(1) Cf. *La Théorie empirique des alternateurs* (*Comptes rendus*, t. 129, p. 586) (complétée dans l'*Industrie électrique*, novembre-décembre 1889, et surtout dans l'*International Electrical Congress of Saint-Louis*, 1904, t. I, p. 635).

Je conserve les mêmes notations que dans ma Communication du 28 mai 1912.

Pour le calcul du coefficient de self-induction de la réaction transversale l_t, la perméabilité de circuit magnétique de l'induit est supposée déterminée dans l'état *résultant* du champ dans l'induit, suivant les principes généraux que j'ai posés autrefois pour les moteurs polyphasés. Cet état magnétique est approximativement mesuré par la force électromotrice aux bornes U augmentée vectoriellement de rI et de la chute de tension réactive ωI, produite par le coefficient de self-induction de fuites s attribuable à l'induit seul. Pratiquement l_t est peu variable avec I, et sa variation en fonction de ψ peut être considérée comme une simple correction.

De même, si l'on porte le vecteur $Z_t I$ sur la direction opposée AA_2, la nouvelle résultante A_2O représente la force électromotrice joubertique qu'aurait le même alternateur s'il fonctionnait en réceptrice sous cette intensité de courant.

Le diagramme ainsi obtenu jouit, aussi bien pour la génératrice que pour la réceptrice, des propriétés que j'ai figurées dans mon Livre précité, à la figure 26, page 82, c'est-à-dire que la position des extrémités A_1 ou A_2 permet de mesurer : le décalage du courant (par l'angle que forme le vecteur $Z_t I$ avec la ligne AN tracée sous l'angle γ), la puissance aux bornes (par un réseau de droites isoergs perpendiculaires à AN), et la puissance intérieure, c'est-à-dire la puissance aux bornes diminuée de la perte par effet Joule $\left(\text{par un réseau de cercles, dont on voit aisément que le centre est en N à une distance } AN = \frac{U}{2\cos\gamma}\right)$.

La force électromotrice réelle induite dans l'alternateur est formée de deux composantes : l'une axiale OB_1, l'autre transversale AB_1 (de même OB_2, AB_2 pour la réceptrice); l'angle γ diffère assez peu, en général, de 90° pour qu'on soit en droit de porter en AF_1 AF_2 sur la direction $Z_t I$, les chutes de tension par impédance de fuites seule $zI = \sqrt{r^2 + \omega^2 l_t^2}$; les forces électromotrices internes totales ont ainsi pour composantes axiales OD_1, OD_2. Cette remarque permet de déduire, au moyen des courbes caractéristiques supposées connues de l'alternateur, l'excitation nécessaire en ampères-tours pour les deux régimes représentés par les points A_1, A_2 respectivement.

Soit ON_1 la caractéristique totale d'excitation, OQ la caractéristique des inducteurs seuls, P_f la perméabilité des fuites magnétiques entre les pièces polaires des inducteurs. On trace sur la figure 1 le vecteur du courant à une échelle telle qu'il représente aussi, à l'échelle des abscisses de la figure 2, les contre-ampères-tours $\frac{KNI}{\sqrt{2}}$. Pour la génératrice, par exemple, on porte en ordonnées sur la caractéristique totale $M_1 m_1 = \mathcal{E}_1 = OD_1$; on obtient ainsi les ampères-tours Om_1 nécessaires pour produire $\mathcal{E}_1$, et il suffit d'y ajouter $m_1 n_1 = AJ_1$ de la figure 1 pour avoir On_1. Mais il faut, comme je l'ai signalé en 1898 [1], tenir compte de l'augmentation de saturation des inducteurs par les fuites; à cet effet, tracer au point M_1 la droite M_1B faisant l'angle $\alpha = \operatorname{arc\,tang} P_f$, puis les deux horizontales ac, bd jusqu'à la rencontre avec OQ; les ampères-tours $p_1 q_1$ sont à ajouter à On_1 en $n_1 n'_1$.

L'excitation totale est finalement On'_1, qui donnerait une forme électromotrice à vide E'_1; celle-ci peut être représentée sur le vecteur joubertique en OK_1; mais il est préférable de reporter sur ce vecteur les ampères-tours eux-mêmes.

---

[1] *Industrie électrique*, p. 529, 2e colonne, 10e ligne.

La détermination pour le cas de l'alternateur fonctionnant en moteur est représentée par les mêmes constructions avec l'indice 2 au lieu de l'indice 1.

Le diagramme (*fig.* 1 et 2) permet, en opérant par points, de déterminer

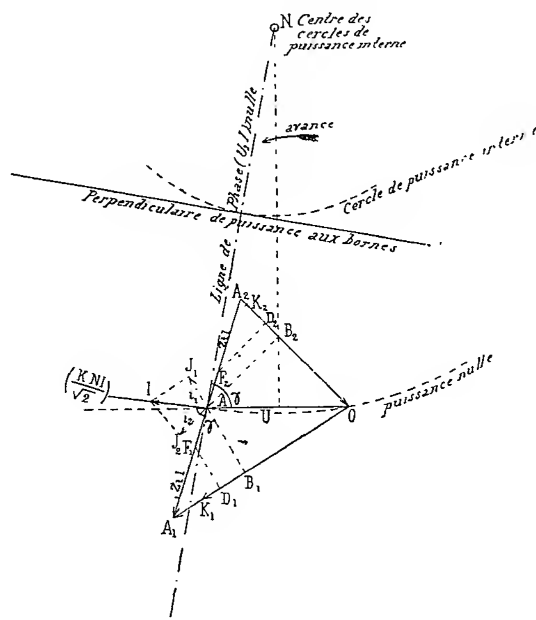


Fig. 1. — Diagramme des forces électromotrices, des courants et des puissances.

ainsi la loi de l'excitation en fonction du décalage pour une puissance utile constante. Inversement, on peut, en supposant l'excitation constante,

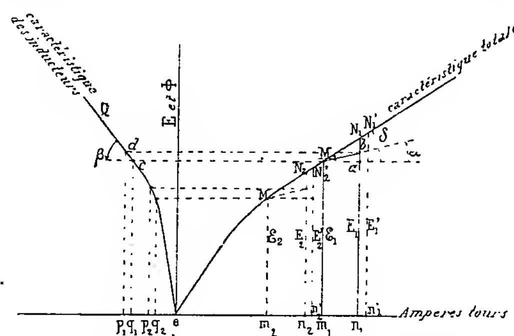


Fig. 2. — Diagramme des forces magnétomotrices.

déduire la variation de puissance en fonction du décalage du vecteur OA_2; par exemple en effectuant, pour chaque position de OA_2, les mêmes cons-

tructions, mais en sens inverse de ce qui a été exposé ci-dessus, on trouvera par tâtonnements la position du point A_2 et la puissance s'en déduira par simple lecture sur le réseau des courbes isoergs.

PHYSICO-CHIMIE. — *Influence de la forme géométrique des solides sur les actions chimiques qu'ils éprouvent.* Note de M. G. **Reboul**, présentée par M. Lippmann.

Dans une Note précédente (¹) j'ai indiqué un cas où l'action chimique d'un gaz sur un solide dépendait de la forme géométrique de ce dernier : cette action était plus vive aux points où la courbure moyenne du solide était elle-même plus grande ; il s'agissait d'une attaque du cuivre par les gaz que le caoutchouc, vulcanisé au chlorure de soufre, émet lentement à des pressions inférieures à 1^{mm} de mercure. J'ai essayé de déterminer la cause de ce phénomène, et j'ai cherché à voir s'il était susceptible de généralisation.

I. Dans les conditions expérimentales indiquées dans la Note que j'ai rappelée, on constate, en opérant à diverses pressions, que l'action est d'autant plus vive et plus rapide que la pression est plus basse. En variant la nature du métal, on trouve que seuls le cuivre et le mercure sont attaqués.

On remplace le caoutchouc vulcanisé par un petit cristal d'iode, dans les mêmes conditions que précédemment on constate que l'argent, le cuivre sont attaqués ; on retrouve dans cette attaque les caractères que j'ai signalés : elle commence par les points où la courbure moyenne est la plus grande, et elle est plus vive en ces points-là. Cependant, dans ce cas, le phénomène est fugitif à cause de la concentration relativement grande des vapeurs d'iode ; on voit l'attaque commencer par les points de plus faibles rayons de courbure, mais les colorations de lames minces qui indiquent la profondeur de l'attaque se succèdent rapidement, en quelques secondes le corps se recouvre d'une teinte grise uniforme et l'on n'a plus de renseignement sur l'intensité de l'action chimique aux divers points.

En modifiant légèrement, par l'adjonction d'un robinet à vide, l'appareil antérieurement décrit, j'ai pu introduire divers gaz (chlore, brome) dans le ballon à réaction : avec les mêmes métaux l'attaque se produit et l'on constate qu'elle est plus vive aux points où la courbure moyenne est la plus grande. La seule difficulté de l'opération

(¹) *Comptes rendus*, 9 décembre 1912.

consiste à introduire assez peu de gaz pour que l'attaque du solide se produise très lentement.

II. On peut se demander si le phénomène est susceptible de généralisation et si les caractères précédents se retrouvent en *opérant à la pression ordinaire*.

L'expérience a été faite avec divers gaz : chlore, brome, vapeurs d'iode, hydrogène sulfuré, vapeurs d'acide azotique et différents métaux : argent, cuivre, mercure. Elle est très facile à réaliser et à répéter, la seule condition à remplir est de trouver une source d'émission du gaz ou de la vapeur assez faible pour que l'*attaque du solide soit très lente*.

Dans un récipient de grande capacité on place soit quelques tout petits cristaux d'iode, soit des traces de vapeur de brome ou de chlore, soit encore une solution très étendue d'acide sulfhydrique ou d'acide azotique; on suspend dans cette atmosphère le solide auquel on a donné la forme qu'on désire : lame rectangulaire, prisme, pyramide, cylindre, cône, ellipsoïde, sphère, etc. On constate toujours que l'attaque se produit en commençant par les arêtes ou par les points où la courbure moyenne est la plus grande, et que c'est en ces points que la couche de sel formé est la plus épaisse.

Par exemple : on place, dans le récipient, de très petits cristaux d'iode, et l'on suspend, dans l'atmosphère, deux cylindres d'argent de 2^{mm} et de 1^{mm} de diamètre. au bout de quelques minutes, l'un est recouvert d'une couche d'iodure de teinte jaune, l'autre a une teinte violette; dans le premier cas, l'épaisseur de la couche d'iodure est $121^{\mu\mu}$, dans le deuxième cas, elle est $181^{\mu\mu}$: l'action a été plus vive sur le cylindre de 1^{mm} que sur celui de 2^{mm}.

Cette action ne peut être mise en évidence que pour des réactions se produisant très lentement. Au début, l'action est plus vive aux points de faible rayon de courbure, et la couche de sel formé est plus épaisse en ces points-là; mais l'attaque se ralentit à mesure que l'épaisseur de sel formé augmente, le solide tend donc à prendre un aspect uniforme, et cette uniformité sera d'autant plus vite atteinte que la concentration du gaz actif est elle-même plus grande.

La nécessité d'employer des gaz attaquant divers métaux à la température ordinaire limite nécessairement le champ des expériences, il semble cependant permis d'énoncer la loi suivante : *Dans l'action d'un gaz sur un solide, l'attaque est plus vive aux points où la courbure moyenne est plus grande.*

III. L'explication la plus simple du phénomène paraît devoir se rattacher à la capillarité : il suffirait d'admettre que la concentration de l'atmo-

sphère gazeuse, autour d'un solide, est plus grande aux points où les rayons de courbure sont plus petits, il s'ensuivrait qu'en ces points-là l'action chimique serait plus vive.

PHOTOCHIMIE. — *Étude quantitative de l'absorption des rayons ultraviolets par les acides gras et leurs éthers en solutions aqueuses et alcooliques.* Note de MM. **Jean Bielecki** et **Victor Henri**, présentée par M. Dastre.

Les acides gras et leurs éthers présentent une absorption qui commence environ pour $\lambda = 2600 - 2500$ u. Å. et qui augmente de plus en plus pour des rayons plus courts. La photographie avec un spectrographe en quartz dans l'air ne permet pas d'étudier quantitativement les spectres d'absorption plus loin que $\lambda = 2144$. Il est très probable que les spectres d'absorption qu'on observe pour ces corps ne sont que des commencements de bandes d'absorption, dont le maximum se trouve dans l'ultraviolet au delà de 2144.

Lorsque l'on compare les spectres d'absorption de différents corps on doit déterminer les positions des bandes d'absorption, leur hauteur et leur largeur. Dans le cas des acides gras et de leurs éthers nous ne pouvons pas faire cette comparaison d'une façon complète, puisque nous n'avons pas la mesure directe de la position du maximum d'absorption. Mais en examinant les longueurs d'onde pour lesquelles les différents corps ont le même coefficient d'absorption et en calculant les différences des fréquences qui correspondent à ces longueurs d'onde, on peut décider si les bandes sont seulement déplacées parallèlement l'une par rapport à l'autre, ou bien si réellement l'absorption est différente, c'est-à-dire si les hauteurs des bandes varient, les positions des maxima étant au même endroit.

Le premier Tableau contient : 1° les valeurs des coefficients d'absorption moléculaires ε (calculés d'après la formule $J = J_0 . 10^{-\varepsilon cd}$), pour les acides gras et leurs éthers en solution alcoolique; 2° les coefficients d'absorption des sels de sodium des acides formique et acétique en solution aqueuse. Nous avons publié, dans la Note du 30 décembre 1912, les valeurs des coefficients d'absorption des acides gras et des éthers en solution aqueuse.

TABLEAU I.

	2144.	2193.	2265.	2288.	2307.	2329.	2338.	2348.	2366.	2375.	2389.	2405.	2424.	2440.	2460.
SOLUTIONS ALCOOLIQUES.															
Acide formique....	»	48.4	35,4	27	23.1	18.6	17,2	15,1	12,1	10.8	10,1	8.45	6.4	4,58	3
Formiate de méthyle...	70	59,2	38,8	31,7	27	21,6	19,4	17,5	14,6	12,6	9,9	7,8	5,6	2,97	2.8
» d'éthyle...	48,4	40,4	27,4	23,5	20.4	16,2	15,1	14	10.2	9.2	7,8	5.6	4,5	3.4	2,16
» de propyle.	81	70	48,4	40,4	35	25.7	22,7	19,4	15,1	13,6	11,6	7,8	6.4	5,2	3,2
Acide acétique.....	48,4	35	20	16,6	14	10,8	9.4	7,8	6,0	5,0	3.8	2.8	1,8	1,4	0,7
Acétate de méthyle.	48,4	40,4	22,2	16,2	14	10,8	7,8	6,3	4,2	3,6	2,8	1,9	1,4	0.9	0.54
» d'éthyle....	»	40.4	26,8	19,4	14	10,8	9,0	7.4	5.6	4,7	3,45	2,8	1.8	1,2	0,54
» de propyle..	48.4	»	»	19,4	16.2	10,8	9.6	8,3	6,46	5,6	4,2	3,6	3.06	2.6	2.0
» de butyle...	»	40.4	27.6	21,3	16.2	10.8	9.8	8,3	6,2	5,1	3,8	2,8	1.8	1,3	0,5
Acide propionique.	»	40.4	24.6	19,4	15.8	11,6	10.1	8.9	6.7	5.6	4,6	3,36	2.4	1,5	0.9
Propionate de méthyle...	70	48,4	27,9	16,2	14	10.8	7.8	6,8	4.2	3,8	3,2	2,16	1,5	0,98	0,54
» d'éthyle...	»	44,4	27,5	21,3	16,2	11.2	10,2	9.4	7,8	6,7	5,2	3,7	2,8	1,62	1,13
» de propyle.	»	64,7	> 35	27	19.4	14,4	12,3	10,1	7,2	5,6	4,2	3,2	2,8	1,62	1,4
Acide butyrique normal..............	70	52,8	29,2	23,8	19,4	15,2	13,1	10,8	8,35	7.2	5,6	3.8	2,8	1,9	1,4
Butyrate de méthyle.	»	»	68	40,4	35	19,5	16,2	14,4	12	10,8	7,8	5,6	4,2	3,6	2,6
» d'éthyle....	»	>113	68	48,4	35	24,6	21,6	17,8	13,6	12	9,8	7,8	5,9	4,8	3,5
» de propyle.	»	»	<113	70	57,6	40,4	35	27	20,8	17,0	14	10,8	9,6	8,6	7,18
Acide valérianique normal...........	»	»	35,4	27	22,6	17.6	15,5	13,4	9,7	7,8	6,2	4,2	3,2	2,35	1,76
Valérate de méthyle.	113	81	48,4	44	35	24	21.6	17	14	10,4	8,5	6,7	4,4	3,2	2,16
SOLUTIONS AQUEUSES.															
Acide formique....	48,4	35	19,4	15,1	10,8	8,7	7,8	6,8	4,9	4,0	3,25	2,8	1,73	1,4	0,95
Formiate de sodium.	»	23,2	6,0	4,2	3,2	1,9	1.62	1,32	0.97	0,8	0,54	»	»	»	»
Acide acétique.....	»	27	9,3	»	4,8	3,2	2,8	2.16	1,62	1,4	0,95	0,54	»	»	»
Acétate de sodium...	»	10,8	4,38	3,0	2,16	1,56	1.4	»	»	»	»	»	»	»	»

Le deuxième Tableau contient, pour les solutions aqueuses, les différences des fréquences $\nu_1 - \nu_2 = \Delta\nu$ qui correspondent aux mêmes coefficients d'absorption, pour différents acides comparés entre eux.

TABLEAU II.

		ε = 0,54.	0,8.	1,6.	2,8.	3,4.	4,6.	5,6.	6,2.	7,4.	9,6.	10,8.	14.	19,4.	27.	31.	35.	42.
Ac. formique..... / Ac. acétique......	$\Delta\nu =$	35,4	35,6	33,5	35,7	31,9	33,0	33,6	33,4	33,1	31,5	27,5	27,4	23,8	22	»	»	»
Ac. acétique...... / Ac. propionique...	$\Delta\nu =$	17,9	15	12,3	12,5	11,0	12,9	13,4	14,2	15,3	18,5	16,7	11,2	10,8	10,5	»	»	»
Ac. propionique... / Ac. butyrique....	$\Delta\nu =$	»	»	23,7	23,2	21,4	23,8	22,9	21,3	18,2	18,5	19,8	24,1	25,2	25,9	27,2	»	»

RÉSULTATS. — 1° *Comparaison des éthers avec les acides correspondants.* — L'absorption des rayons ultraviolets est presque la même pour les acides et les éthers correspondants; toutefois, si l'on examine de plus près les nombres

on voit que les éthers absorbent un peu plus que les acides, surtout pour les courtes longueurs d'onde.

Par conséquent *dans un corps de formule* $C^nH^{2n+1}COO - R$ *l'absorption est déterminée par le groupement acide, le radical alcoolique ayant une influence faible.*

Il en résulte que, si l'on compare les coefficients d'absorption des éthers de différents acides, contenant le même radical alcoolique, on trouve les mêmes différences que pour les acides correspondants.

2° *Comparaison des solutions alcooliques avec les solutions aqueuses.* — Pour les régions de l'ultraviolet entre 2600 et 2144, les solutions alcooliques absorbent plus fortement que les solutions aqueuses. Il est très probable que ces différences soient dues au déplacement vers le rouge des bandes d'absorption dans l'alcool. Ce résultat est conforme à la règle de Kundt.

3° *Comparaison des acides entre eux.* — Les acides se placent, au point de vue de l'absorption, dans l'ordre suivant : acétique, propionique, formique, butyrique, valérianique.

L'acide formique étant mis à part, l'absorption devient de plus en plus forte lorsque le nombre de groupes de CH^2 augmente.

Ces différences d'absorption sont dues surtout au déplacement des bandes d'absorption vers le rouge, ainsi que le montrent les nombres du Tableau II ; en effet, les valeurs de $\Delta\nu$ oscillent autour d'une même moyenne lorsque l'on compare entre eux les différents acides.

Par conséquent, *l'augmentation du nombre de groupes* CH^2 *dans la molécule des acides ne change pas la forme de la courbe d'absorption ; elle produit surtout un déplacement des bandes d'absorption vers le rouge.*

4° *Comparaison des acides et de leurs sels de sodium.* — Les sels de sodium des acides formique et acétique absorbent beaucoup moins que les acides eux-mêmes ; ce résultat pourrait être rapproché du fait que ces acides sont très peu ionisés, tandis que leurs sels le sont très fortement.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les sulfates chromiques violets.*

Note de M. **A. Sénéchal**, présentée par M. A. Haller.

On admet généralement l'existence de deux sulfates chromiques violets : $(SO^4)^3Cr^2.18H^2O$ et $(SO^4)^3Cr^2.15H^2O$.

D'après Weinland et Krebbs [1] les modes de préparation, décrits par les auteurs comme donnant naissance au premier, conduisent toujours à un hydrate $(SO^4)^3Cr^2.17H^2O$.

Le second a été obtenu par Schrötter [2] en précipitant par l'alcool la solution chaude du sulfate chromique.

Le sulfate chromique contient toujours des quantités plus ou moins grandes d'alun provenant des corps qui ont servi à le préparer. Quand on ajoute avec précaution de l'alcool à la solution du sel brut, l'alun se sépare d'abord; puis il se dépose du sulfate pur en paillettes nacrées de couleur violette qui contiennent, suivant la température et la concentration des liqueurs, des quantités d'eau variant entre 16 et $17,5(H^2O)$. Les sels basiques se concentrent dans les dernières parties.

Les sulfates ainsi préparés, abandonnés dans l'air sec à la température ordinaire jusqu'au poids constant, donnent un hydrate $(SO^4)^3Cr^2.14H^2O$.

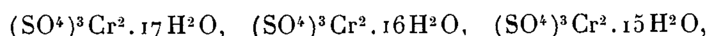
Les tensions de vapeur des sels de composition comprise entre


$$(SO^4)^3Cr^2.14H^2O \quad \text{et} \quad (SO^4)^3Cr^2.17,25H^2O$$

ont les valeurs suivantes :

	Tensions en millimètres Hg.				
Températures.	17,25 (H^2O).	16,55 (H^2O).	15,77 (H^2O).	15,05 (H^2O).	14,78 (H^2O).
25°,6	20,1	»	11,0	11,1	»
29,3	24,4	17,4	14,0	13,8	12,8
34,0	31,5	24,2	19,1	18,4	17,3
38,5	39,1	31,9	24,9	23,5	»
40,4	43,4	»	27,7	26,2	»

Les tensions maxima s'établissent avec lenteur et l'équilibre n'est parfois atteint qu'après plusieurs jours. Cependant elles reprennent les mêmes valeurs quand, après avoir progressivement élevé la température on la fait ensuite décroître. On est ainsi conduit à admettre l'existence des espèces définies


$$(SO^4)^3Cr^2.17H^2O, \quad (SO^4)^3Cr^2.16H^2O, \quad (SO^4)^3Cr^2.15H^2O,$$

L'étude des vitesses apparentes de déshydratation donne le même résultat; ces vitesses changent brusquement de valeur quand le sel, perdant de l'eau d'une manière continue dans une atmosphère sèche, passe par la composition qui correspond à ces hydrates.

---

(1) Weinland et Krebbs, *Zeit. anorg. Chem.*, t. XLIX, 1906, p. 137.

(2) Schrötter, *Ann. Phys. Chem. Pogg.*, t. LIII, 1841, p. 513.

Leurs chaleurs de dissolution sont à 14° :

	Cal.	
$(SO^4)^3Cr^2.14H^2O$	10,13	1 mol-g dans 24^l d'eau.
$(SO^4)^3Cr^2.15H^2O$	8,30	
$(SO^4)^3Cr^2.16H^2O$	7,49	
$(SO^4)^3Cr^2.17H^2O$	6,35	

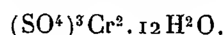
Le sulfate $(SO^4)^3Cr^2.14H^2O$ se déshydrate très lentement dans le vide sec à la température ordinaire.

$2^g,5$ de sel, maintenus pendant 15 jours en présence d'anhydride phosphorique sous une pression de $0^{mm},1$, ont perdu 0,19 mol-g d'eau. La tension de vapeur, très petite à la température ordinaire, est de l'ordre de 3^{mm} à 29°,3. Contrairement à ce qui a lieu avec les hydrates plus riches en eau, on n'observe pas de tension fixe à une température déterminée. Cette tension varie et devient plus grande quand, après avoir élevé la température, on ramène celle-ci à sa valeur initiale. L'hydrate $(SO^4)^3Cr^2.14H^2O$ ne paraît donc pas obéir à la loi des tensions fixes.

Au voisinage de 30° il commence à subir une transformation profonde, en même temps qu'il émet la vapeur. Cette transformation devient surtout importante au-dessus de 40° et on la rend manifeste en éliminant l'eau qui s'y oppose par action de masse.

Le sel, maintenu dans le vide sec à 40°, change d'aspect, verdit peu à peu et se transforme en un sulfate complexe dont les ions (SO^4) sont partiellement dissimulés.

La vitesse apparente de déshydratation demeure d'abord constante, puis décroît brusquement au moment où le sel passe par la composition



$$(SO^4)^3Cr^2.12H^2O.$$

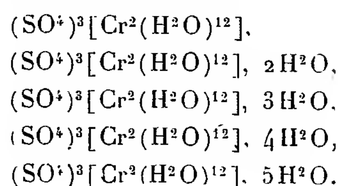
La quantité de complexe vert formé est alors très faible (environ 5 pour 100 du poids du sel mis en œuvre).

La transformation du sel violet en sel vert, et la déshydratation du sulfate $(SO^4)^3Cr^2.14H^2O$ sont donc deux phénomènes distincts qui ont lieu, dans les mêmes conditions, avec des vitesses différentes.

Le second donne naissance à un sulfate violet $(SO^4)^3Cr^2.12H^2O$, et ce sel, très instable, tend à se transformer déjà à 30°, dans le vide, en complexe vert. Il est, conformément aux vues de Werner, le sulfate violet le moins hydraté, et contient 12^{mol} d'eau de constitution qui ne peuvent donner lieu à des tensions fixes de vapeur.

Les différents sulfates chromiques violets peuvent donc être représentés à

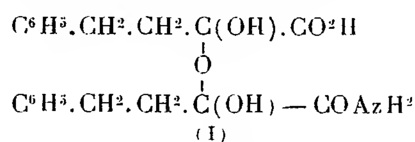
l'état solide par les formules de constitution

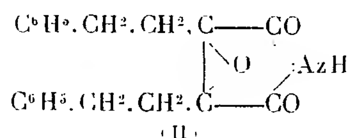


CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'acide phényl-α-oxycrotonique. Un exemple d'éther-oxyde d'hydrate de cétone.* Note de M. J. BOUGAULT, présentée par M. Haller.

Dans une Note sur ce sujet [1], j'ai fait connaître un composé de formule $C^{20}H^{23}AzO^{6}$ auquel j'ai été conduit à attribuer la constitution (I), comportant l'existence d'une fonction éther-oxyde d'hydrate de cétone.

Ce corps, traité par le permanganate de potassium en solution acide diluée, donne une réaction inattendue aboutissant à la formation d'un composé $C^{20}H^{19}AzO^{3}$, différant du précédent par perte de $H^2O + H^2O^2$; je lui donne la constitution (II).





Ce nouveau composé fond à 120°. Il est insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool, l'acétone, le chloroforme, l'éther, peu soluble dans le benzène froid, insoluble dans l'éther de pétrole..

En admettant la formule de constitution donnée ci-dessus, on voit que la perte de H^2O a créé une fonction imide, et que la perte de H^2O^2 s'est faite par le départ de 2(OH) tertiaires avec soudure directe des deux carbones auxquels étaient attachés les 2(OH).

I. La fonction imide est démontrée : 1° par les propriétés de pseudo-acide que possède le corps $C^{20}H^{19}AzO^{3}$ (ne décomposant pas les carbonates alcalins à froid, bien que pouvant se titrer approximativement à la phtaléine du phénol); 2° par sa transformation, d'abord en acide amidé

---

(1) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 236.

$C^{20}H^{21}AzO^4$ (p. f. 171°) sous l'action des solutions chaudes de carbonate de soude, puis en acide bibasique $C^{20}H^{20}O^5$ (p. f. 204°) par action des alcalis, avec départ d'ammoniaque; 3° par la formation d'un éther méthylique (p. f. 86°) où CH^3 est fixé à l'azote, car l'action des alcalis, conduite comme ci-dessus, dégage finalement de la *méthylamine* au lieu d'ammoniaque, en aboutissant encore à l'acide bibasique $C^{20}H^{20}O^5$, fondant à 204°.

II. La présence de la fonction imide étant parfaitement prouvée, le groupement $\genfrac{}{}{0pt}{}{-CO}{-CO}\!\!>\!AzH$ s'impose dans la formule de constitution (II), et, dès lors, on voit, en examinant la formule (I), que l'élimination de H^2O^2 ne peut guère s'exprimer que par le départ des 2(OH) tertiaires, ainsi que je l'ai admis.

Cette interprétation trouve un appui expérimental dans le fait que l'union des deux chaînes benzylpyruviques est devenue beaucoup plus intime dans le nouveau composé. En effet, tandis que le composé (I), comme je l'ai indiqué dans ma Note précédente, se décompose facilement par ébullition, avec une solution aqueuse de carbonate de soude, le nouveau composé (II) résiste à cette action, ouvrant seulement sa liaison imide pour donner l'acide amidé. Toutefois, les alcalis caustiques, après 6 heures d'ébullition, dédoublent le composé (II) avec formation d'acide benzylpyruvique, d'acide hydrocinnamique et d'autres produits non déterminés. Remarquons d'ailleurs que l'acide bibasique (p. f. 204°) correspondant à l'imide (II) est encore plus résistant que ce dernier; il peut être chauffé plusieurs heures, à l'ébullition, avec un excès de soude dilué sans être altéré.

III. En dehors de la formation inattendue d'une fonction imide dans la réaction au MnO^4K étudiée ici, le départ de H^2O^2 avec établissement d'une liaison entre carbones, me paraît particulièrement intéressant, en ce qu'il constitue un exemple de réaction de Wagner inversée. On sait, en effet, que dans cette réaction, sous l'action du permanganate de potassium, 2 (OH) sont fixés sur deux carbones voisins (1 OH sur chaque carbone) avec suppression d'une liaison entre ces deux carbones; or, c'est l'inverse que l'on constate dans la réaction qui fait l'objet de cette Note.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage des carbures acétyléniques et des carbures éthyléniques dans les mélanges d'hydrocarbures gazeux.* Note [1] de MM. **P. Lebeau** et **A. Damiens**, présentée par M. H. Le Chatelier.

L'analyse d'un mélange d'hydrocarbures gazeux renfermant à côté des carbures saturés des carbures éthyléniques et acétyléniques comprend, comme première opération, le dosage et l'élimination de ces deux dernières séries d'hydrocarbures. On emploie le plus souvent, pour l'absorption des carbures acétyléniques, le chlorure cuivreux ammoniacal et, pour celle des éthyléniques, le brome.

On sait combien la manipulation du chlorure cuivreux ammoniacal est désagréable. En outre ce réactif, très altérable, a la propriété de dissoudre en notable quantité et dans des proportions variant avec sa composition les carbures éthyléniques. L'emploi du brome n'est guère plus séduisant et nécessite le transport des gaz sur la cuve à eau, ce qui constitue une importante cause d'erreur.

Nous avons réussi à substituer, à ces réactifs classiques, des liquides d'un usage plus commode et permettant d'effectuer l'analyse d'un mélange gazeux exclusivement sur la cuve à mercure.

I. *Carbures acétyléniques.* — Le réactif auquel nous nous sommes arrêtés pour l'absorption des carbures acétyléniques est une solution alcaline d'iodomercurate de potassium. L'acétylène se dissout simplement dans une solution d'iodomercurate; mais par addition d'alcali il se produit, ainsi que Berthelot l'a démontré, une combinaison mercurique sous forme d'un précipité blanc.

En étudiant l'influence de l'alcalinité et de la concentration des solutions d'iodomercurate de potassium sur l'acétylène et l'allylène, nous avons finalement adopté pour le réactif la formule suivante :

Iodure mercurique	25^g
Iodure de potassium	30
Eau distillée	100

Pour éviter l'emploi d'une solution caustique, nous alcalinisons le réactif, dans le tube même où doit se faire l'analyse, au moyen d'un petit fragment de potasse.

---

[1] Présentée dans la séance du 3 février 1913.

1^{cm^3} de ce réactif ainsi alcalinisé absorbe environ vingt fois son volume d'acétylène. Le précipité formé se dépose très vite et ne gêne pas pour la lecture du volume gazeux restant.

La sensibilité du réactif équivaut à celle du chlorure cuivreux ammoniacal. Nous avons pu déceler $\frac{1}{200}$ de milligramme d'acétylène dilué dans un gaz inerte.

La solubilité des carbures éthyléniques dans ce liquide est sensiblement la même que dans l'eau. On peut d'ailleurs, pour éviter toute correction, extraire complètement les carbures dissous en faisant le vide à l'aide de la trompe à mercure.

2. *Carbures éthyléniques.* — On sait que les carbures éthyléniques peuvent être absorbés par l'acide sulfurique; mais dans le cas de l'éthylène que l'on rencontre le plus fréquemment dans les analyses de gaz, cette absorption est d'une extrême lenteur et nécessite une agitation prolongée. Nous avons pensé qu'il serait peut-être possible de rendre immédiate la combinaison de l'éthylène avec l'acide sulfurique, en faisant intervenir des substances catalysantes solubles dans cet acide, telles que les acides vanadique, uranique, etc. L'expérience a confirmé nos prévisions, et les solutions sulfuriques des acides vanadique et uranique se prêtent merveilleusement au dosage des carbures éthyléniques.

On peut faire absorber en quelques minutes, à 1^{cm^3} d'une solution à 1 pour 100 d'acide vanadique dans l'acide sulfurique concentré, plus de 150 fois son volume d'éthylène.

Une solution sulfurique de sulfate d'uranyle à 6 pour 100 se comporte de même. Avec les acides sulfotungstique et sulfomolybdique, l'absorption se produit encore, mais plus lentement. Nous donnons à titre d'exemple les résultats de l'analyse d'un mélange complexe renfermant du méthane, de l'éthylène, de l'allylène et de l'acétylène :

	cm³
Méthane	3,50
Éthylène	10,14
Acétylène	8,88
Allylène	4,88

Nous avons trouvé après l'action de l'iodomercurate

$13^{cm^3},53$ au lieu de $13^{cm^3},64$.

La différence correspond à la solubilité de l'éthylène dans le réactif. Après l'intervention du réactif sulfovanadique, il reste

$3^{cm^3},48$ de méthane au lieu de $3^{cm^3},50$.

Tous ces volumes gazeux ont été réduits à 0° et 760^{mm}.

Le réactif sulfovanadique se prépare en dissolvant à chaud 1^g d'anhydride vanadique dans 100^g d'acide sulfurique pur à 66° Baumé. Le réactif sulfo-uranique est obtenu en additionnant 100^g de ce même acide sulfurique de 6^g de sulfate d'uranyle pur. Ils sont tous deux sans action sur l'oxyde de carbone.

Nous avons déjà fait l'application de ces deux réactifs à un très grand nombre d'analyses et nous pouvons affirmer qu'ils peuvent être très avantageusement substitués à ceux qui ont été utilisés jusqu'à ce jour. L'intervention de ces catalyseurs, en milieu sulfurique, peut d'ailleurs présenter un intérêt plus général.

BOTANIQUE. — *Sur la courbe des limites de la germination des graines après séjour dans les solutions salines.* Note (¹) de M. **Pierre Lesage**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Dans une Note précédente (²), j'ai montré que les graines de Cresson alénois, retirées de solutions alcooliques où elles avaient séjourné pendant des temps variables, germaient de telle sorte que les limites de la germination pouvaient être données par une courbe construite en prenant pour ordonnées les temps de séjour dans les solutions et, pour abscisses, les dilutions de ces solutions exprimées par $\frac{m}{n_1} - 1 = D$. Dans cette courbe, j'ai pensé qu'il était bon de signaler trois points que je reproduis ici en les complétant un peu :

1° Un point qui se trouverait sur l'axe des y et donnerait la limite du séjour des graines dans la solution de dilution zéro ($m = n = 100$ pour 100 = alcool absolu), limite au-dessus de laquelle le pouvoir germinatif disparaîtrait complètement. J'ai désigné ce point par A et, comme alors la limite s'exprime en temps, j'ai dit qu'elle était au-dessus de 50 jours à la fin de mes expériences du moment. Je puis ajouter qu'elle dépasse 11 mois, d'après mes essais du 14 janvier 1913.

2° Un point B, limite de séjour au-dessous de laquelle le pouvoir germinatif est encore conservé, quelle que soit la dilution.

3° Un point C à partir duquel la courbe doit se continuer par une perpendiculaire à l'axe des x. Ses coordonnées sont intéressantes parce que l'une, celle du temps, est

(¹) Présentée dans la séance du 10 février 1913.

(²) Pierre Lesage, *Sur les limites de la germination des graines soumises à l'action de solutions diverses* (*Comptes rendus*, t. 154, p. 826, séance du 25 mars 1912).

plus haute que celle de B et parce que celle de la dilution correspond à la limite au-dessus de laquelle les graines germent dans les solutions elles-mêmes.

Ce qui frappe dans cette courbe, c'est qu'elle se montre concave vers le haut parce que B est entre A et C et parce que les ordonnées de A et de C sont plus grandes que celle de B.

J'ai ajouté, en outre, que ces faits ne sont pas particuliers à l'alcool ni au Cresson alénois puisque j'ai pu obtenir des faits comparables et construire des courbes de même allure avec le Radis et avec le chlorure de sodium, dans des expériences de contrôle menées assez rapidement, mais qui m'avaient paru concluantes. Toutefois, je ne m'en suis pas tenu là et, quand le temps me l'a permis, j'ai voulu voir ce qui se produirait avec d'autres sels. Pour cela, j'ai entrepris une longue série de germinations avec graines de cresson alénois; après des séjours de plus en plus longs dans 10 solutions de neuf sels : chlorures, nitrates et sulfates de Na, de K et d'AzH^4, ce qui faisait un total de 90 solutions. Je ne puis songer à tout décrire ici; je désire seulement signaler les faits principaux et surtout schématiser les résultats saillants dans un Tableau de courbes.

Je dois dire d'abord que j'ai fait des opérations parallèles dont l'ensemble a pris plus de 40 jours et, ensuite, que je me suis efforcé de rechercher surtout les points B et C, sans négliger le point A. Mais, au sujet de ce dernier point, je me trouvais limité expérimentalement par la solubilité des sels employés; je ne devais l'envisager que pour une certaine dilution où m ne pouvait dépasser cette solubilité à la température des expériences.

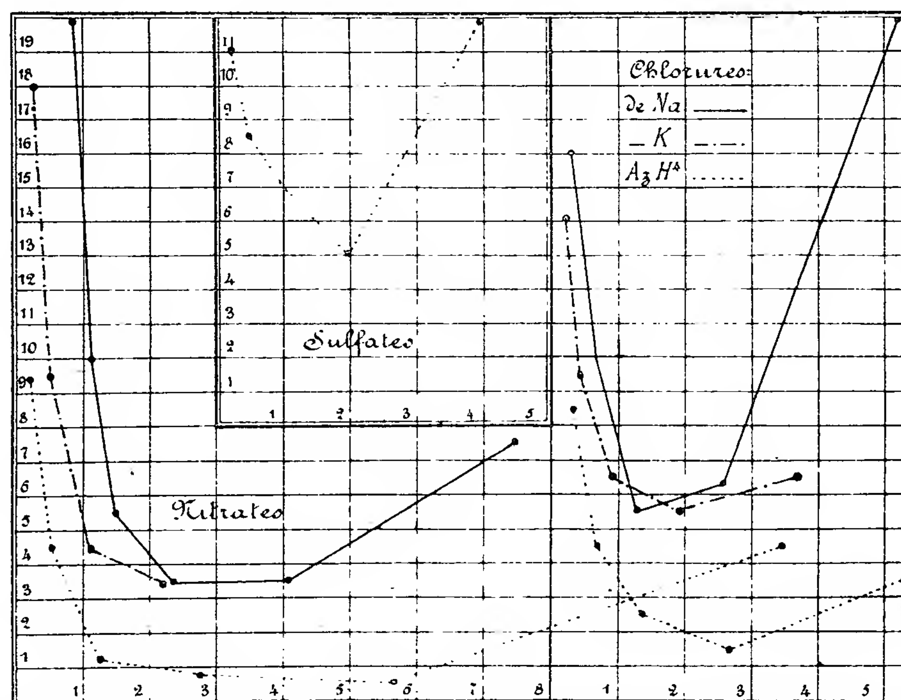
Les solutions étaient faites avec des sels purs fournis par la maison Poulenc; pour chaque sel, la série des dix solutions comprenait : la solution saturée à 15°, température qui devait être toujours inférieure à la température du laboratoire aux mois d'août et septembre; puis neuf autres solutions de dilutions relatives $\left(\frac{m}{n} - 1\right)$ égales à 1, 3, 5, ..., 511.

Dans la série principale des expériences, 300 graines furent mises dans chaque solution, au début et, successivement, après des séjours de plus en plus longs, j'en retirais dix graines que je lavais et mettais à germer sur une mince couche d'eau; il ne restait plus qu'à noter la germination ou la non-germination. Tout cela m'a fourni de nombreux Tableaux d'où je tire les courbes et les nombres suivants.

Mais remarquons bien que, étant donnée la longueur des opérations et des expériences, je n'ai pu entrer dans les détails, ni répéter les contrôles; que deux solutions consécutives d'un même sel étant assez différentes l'une

de l'autre, je ne puis donner que des moyennes, des approximations et je dois me contenter de l'allure générale quitte à revenir, plus tard, aux détails intéressants.

Cette allure générale est suffisamment indiquée dans les courbes suivantes qui ont été construites en portant sur l'axe des x la concentration en molécules-grammes et sur l'axe des y, la durée en jours de l'immersion dans les solutions salines; elles sont comprises entre le point A, à droite, et le point C, à gauche. Je dois dire que, dans le groupe des nitrates, j'ai légèrement déplacé la courbe du Na vers la droite et la courbe de l'AzH^4 vers la gauche pour dégager celle du K.



Courbes des limites de germination, avec les temps pour ordonnées et les concentrations en molécules-grammes pour abscisses. — Avec les dilutions relatives ou absolues pour abscisses, ces courbes seraient plus étalées.

La place me fait défaut pour interpréter ces courbes; mais elles sont assez éloquentes par elles-mêmes. A part celle du nitrate de K, elles sont toutes concaves vers le haut; dans toutes, les ordonnées de A et de C sont plus grandes que celle du point B compris entre les points A et C. Quant au nitrate de K, il ne fait pas nécessairement exception; sa solubilité relativement faible ne permet pas de se rendre compte expérimentalement de

ce qui se passerait à droite de la courbe si cette solubilité était plus grande.

D'autre part, on voit que si la force osmotique joue un rôle dans les phénomènes étudiés, elle est loin de les diriger uniquement ; il y a, à ce point de vue, des différences marquées entre les sels employés. Les courbes sont groupées par sels, pour les mêmes acides, elles pourraient l'être autrement ; de toute manière, elles sont intéressantes par les renseignements qu'elles donnent sur l'action relative des ions qui interviennent.

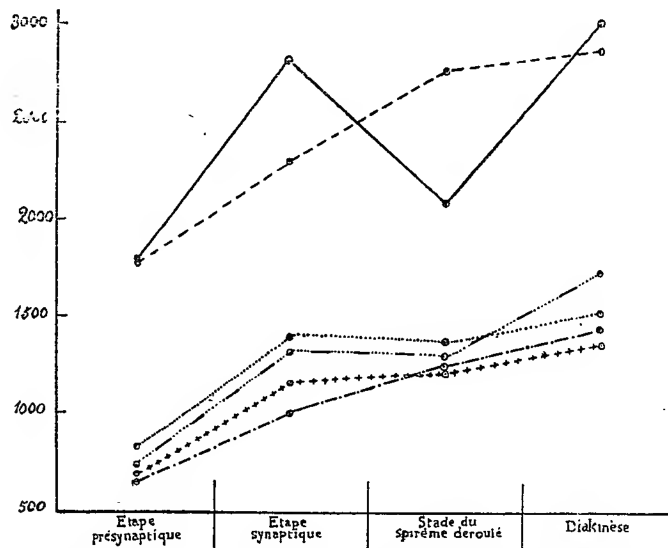
BOTANIQUE. — *Variations de volume du noyau et de la cellule chez quelques Fougères durant la prophase hétérotypique.* Note de M. **R. de Litardière**, présentée par M. G. Bonnier.

Au cours de mes travaux cytologiques sur les Fougères, j'ai étudié les variations que présentent les volumes du noyau et de la cellule durant la prophase hétérotypique ; cette Note contient les résultats que j'ai obtenus chez diverses espèces : *Polytiichum aculeatum* Schott, *Dryopteris Filix-mas* Schott, *Asplenium Trichomanes* L., *Asplenium Adiantum-nigrum* L., *Phyllitis Scolopendrium* Newm., *Polypodium vulgare* L.

En suivant l'évolution du noyau, on constate tout d'abord d'une manière générale, du présynapsis au synapsis, un accroissement de volume. Cet accroissement est de 1030^{μ^3} pour le *Polypodium* [1], 615^{μ^3} pour l'*A. Trichomanes*, 556^{μ^3} pour l'*A. Adiantum-nigrum*, 520^{μ^3} pour le *D. Filix-mas*, 482^{μ^3} pour le *Phyllitis*, 337^{μ^3} pour le *P. aculeatum*. Du synapsis au stade du spirème déroulé, les espèces étudiées se comportent suivant trois types : 1° le volume diminue considérablement (diminution de 725^{μ^3} pour le *Polypodium*) ; 2° le volume reste à peu près stationnaire (diminution de 50^{μ^3} pour l'*A. Trichomanes*, 21^{μ^3} pour l'*A. Adiantum-nigrum ;* augmentation de 31^{μ^3} pour le *Phyllitis*) ; 3° le volume augmente chez le *D. Filix-mas*, 465^{μ^3}, et le *P. aculeatum*, 283^{μ^3}. Du spirème à la diakinèse, on constate un accroissement générale de volume (*Polypodium*, 930^{μ^3} ; *A. Trichomanes*, 411^{μ^3} ; *P. aculeatum*, 178^{μ^3} ; *A. Adiantum-nigrum*, 171^{μ^3} ; *D. Filix-mas*, 120^{μ^3} ; *Phyllitis*, 115^{μ^3}). L'accroissement diakinétique est inférieur à l'accroissement synaptique ; malgré cela, c'est à la diakinèse que l'on observe le maximum de volume du noyau. Les courbes représentées ci-contre résument ces variations.

(1) Les chiffres indiqués dans cette Note représentent la moyenne de vingt mesures.

Les courbes relatives à l'évolution de la cellule sont presque tout à fait comparables à celles du noyau : d'abord accroissement du présynapsis au synapsis, mais plus considérable que celui du noyau ; puis du synapsis au spirème, diminution très sensible du volume chez le *Polypodium*, où il devient inférieur de 268^{μ^3} au volume présynaptique, faible diminution chez les *A. Trichomanes* et *Adiantum-nigrum*, *P. Aculeatum* et enfin léger accroissement chez le *Phyllitis* et le *D. Filix-mas ;* du spirème à la diakinèse, il y a augmentation de volume et, comme cela a lieu pour le noyau, l'accrois-



Variations du volume du noyau durant la prophase hétérotypique.

Polypodium vulgare L. : ———— | *Asplenium Adiantum-nigrum* L. : ·······
Dryopteris Filix-mas Schott : - - - - - | — *Trichomanes* L. : ···—···
Polystichum aculeatum Schott : —·—·— | *Phyllitis Scolopendrium* Newm. : + + +

sement diakinétique est inférieur à l'accroissement synaptique. Le maximum de volume de la cellule est à la diakinèse, sauf pour le *Polypodium*, qui le présente au synapsis. Les volumes diakinétiques et synaptiques de la cellule-mère du *P. aculeatum* sont à peu près semblables.

Les diverses espèces que j'ai étudiées offrent donc des différences assez sensibles dans les variations de volume du noyau et de la cellule. Le *D. Filix-mas* et le *P. aculeatum* ont un processus d'évolution nucléaire analogue; les courbes des deux *Asplenium* et du *Phyllitis* ont beaucoup de ressemblance entre elles; celle du *Polypodium* constitue un type à part. Pour les variations de la cellule, il y a également une grande similitude dnas

l'allure des courbes du *D. Filix-mas* et du *P. aculeatum*; les *Asplenium* se comportent différemment de ces derniers, de même le *Phyllitis* et le *Polypodium*.

On ne peut donc formuler de loi générale de variation de volume; toutefois, il semble bien établi qu'il se produit, au début de la prophase hétérotypique, une grande augmentation de volume du noyau, de la cellule et aussi parfois du cytoplasme, comme il est facile de le calculer par différence des volumes. L'accroissement général du noyau que l'on observe du présynapsis au synapsis est dû à une augmentation considérable de l'enchylème, comme l'ont déjà indiqué MM. Lubimenko et Maige, Lawson, Gates chez d'autres végétaux. Quant à celui du cytoplasme, il est probablement la conséquence d'une prolifération des fibrilles du réticulum, dont les mailles paraissent bien plus serrées au synapsis qu'au présynapsis ou au stade quiescent.

Ces variations, surtout celles du noyau, sont probablement caractéristiques d'un groupement systématique, comme semblerait le montrer l'analogie que l'on observe d'une part dans celles des *Asplenium Trichomanes* et *Adiantum-nigrum*, de l'autre dans celles du *Dryopteris Filix-mas* et du *Polystichum aculeatum* dont la distinction générique est si peu sensible que certains auteurs les considèrent comme appartenant au même genre. Il serait nécessaire de poursuivre des recherches dans ce sens en étudiant les variations de croissance chez un grand nombre de types de chaque famille. Outre l'intérêt que ces études pourraient avoir au point de vue systématique, elles permettraient sans doute d'élucider bien des problèmes de cytologie.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la migration des éléments minéraux et sur le déplacement de ces éléments chez les feuilles immergées dans l'eau.* Note de M. G. **André**, présentée par M. Armand Gautier.

Les phénomènes d'hydrolyse que subissent les feuilles fraîches immergées dans l'eau, additionnée de quelques gouttes de formol, résolvent peu à peu en éléments plus simples les principes immédiats que ces feuilles contiennent à l'état normal, et ces éléments passent alors dans le liquide qui les entoure. J'ai montré récemment (*Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 1528), en prenant comme exemple les feuilles du Châtaignier commun, que, en conséquence de ces phénomènes, les feuilles qui tombent à l'automne pouvaient restituer au sol, dans un espace de temps assez court, la majeure partie de l'acide phosphorique et la presque totalité de la potasse qu'elles avaient immobilisés durant leur développement.

I. J'ai poursuivi cette étude pendant l'année 1912 et je l'ai étendue

à tous les éléments normaux de cette feuille. 200 feuilles fraîches de Châtaignier ont été récoltées aux époques indiquées ci-dessous. Voici les quantités de substances qui y étaient contenues, quantités rapportées à 100g de matière séchée à 110° :

	Azote total.	Phosphore total (calculé en PO^4H^3).	Soufre total (calculé en SO^3).	CaO.	MgO.	K^2O.
	g	g	g	g	g	g
2 juin 1912....	2,3797	0,7712	0,6276	0,9348	0,4166	1,2137
29 juillet.......	2,1791	0,5840	»	»	»	1,2988
25 septembre...	1,8405	0,5955	0,9895	1,9195	0,4724	1,4017

On remarquera d'abord que ces chiffres diffèrent très sensiblement de ceux que j'ai trouvés aux époques correspondantes de l'année 1911 (*loc. cit.*). La proportion des matières minérales et celle de l'azote total sont moins élevées en 1912 qu'en 1911. L'explication doit en être cherchée dans la différence évidente de la transpiration des feuilles pendant ces deux années, la température ayant été notablement plus élevée en 1911 qu'en 1912. Dans les deux cas, d'ailleurs, la migration de l'azote et celle des matières salines se sont effectuées dans le même sens; le taux de l'azote et celui de l'acide phosphorique éprouvent une forte diminution à mesure que la feuille avance en âge; le taux de la potasse, au contraire, s'élève légèrement.

La chaux et le soufre total (calculé en SO^3) croissent dans des proportions notables entre le 2 juin et le 25 septembre. Cette augmentation du soufre ne peut s'expliquer que par une accumulation de sulfate de calcium pénétrant dans l'organe jusqu'aux dernières périodes de sa végétation. En effet, l'azote albuminoïde entraînant, par suite de sa migration, une certaine proportion de soufre, celui-ci aurait dû diminuer; mais son départ a été compensé, et au delà, par l'arrivée de sulfate de calcium qui s'est accumulé dans les feuilles sans y trouver d'emploi. D'ailleurs, la presque totalité du soufre se rencontre à l'état purement minéral, car la dose de cet élément qui entre dans la constitution du noyau albuminoïde est de 1,5 à 2 pour 100 au plus. En ce qui concerne la chaux, le fait de l'augmentation de cette base avec l'âge de la feuille est général. Si la majeure partie de la chaux est combinée à l'acide sulfurique, une autre partie se rencontre dans la feuille à l'état de combinaison avec les acides organiques, et, vers l'époque de sa chute, sous forme de carbonate déposé par évaporation du bicarbonate ou provenant de la destruction par oxydation des acides organiques.

La migration de l'azote et celle du phosphore (calculé en PO^4H^3) présente également des différences remarquables d'une année à l'autre : cette migration est beaucoup plus accusée en 1911 qu'en 1912, en raison de la différence même des conditions météorologiques.

II. L'immersion des feuilles dans l'eau a fourni les résultats suivants, rapportés à 100g de matière séchée à 110°.

(A = poids des substances ayant exosmosé dans l'eau au bout d'un mois; B = poids des substances demeurées dans le résidu insoluble; C = poids des substances dans 100g de feuilles à l'état initial; D = quantité de substance ayant exosmosé pour 100 parties de la quantité totale.)

	Azote total.	Phosphore total (calc. en PO^4H^3).	Soufre total (calc. en SO^3).	CaO.	MgO.	K^2O.
			2 juin.			
A........	0g,1459	0g,5001	0g,3565	0g,1872	0g,2113	1g,1579
B........	2,2338	0,2711	0,2711	0,7476	0,2053	0,0558
C........	2,3797	0,7712	0,6276	0,9348	0,4166	1,2137
D........	6,19	64,84	56,80	20,03	50,72	95,39
			29 juillet.			
A........	0,0690	0,4062	»	»	»	1,1574
B........	2,1101	0,1778	»	»	»	0,1414
C........	2,1791	0,5840	»	»	»	1,2988
D........	3,17	69,54	»	»	»	89,10
			25 septembre.			
A........	0,1161	0,3781	0,6754	0,4208	0,1905	1,2326
B........	1,7244	0,2174	0,3141	1,4987	0,2819	0,1691
C........	1,8405	0,5955	0,9895	1,9195	0,4724	1,4017
D........	6,30	63,48	68,25	21,92	40,32	87,93

Il résulte de l'examen de ces chiffres que les quantités d'azote, d'acide phosphorique et de potasse éliminées au bout d'un mois, dans l'eau où baignaient les feuilles, sont du même ordre de grandeur que celles qui ont été fournies par les feuilles de l'année 1911. La chaux est l'élément salin qui résiste le plus à l'exosmose : le cinquième seulement de cette base a passé dans le liquide extérieur, alors que l'exosmose de la magnésie a été bien plus considérable. L'élimination de l'acide sulfurique est comparable à celle de l'acide phosphorique, comme si la majeure partie du soufre et du phosphore était engagée, à toutes les périodes de la végétation, dans des combinaisons salines facilement dialysables après la mort de la feuille.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Formation de l'urée par les végétaux supérieurs.* Note de M. **R. Fosse**, présentée par M. E. Roux.

Ce corps, dont la présence dans le règne végétal n'était connue que pour quelques champignons (Bamberger et Landsiedl, Gare, Goris et Mascré), a été déjà caractérisé par nous dans nombre de végétaux supérieurs (*Comptes rendus*, t. 155, p. 851).

Mais, comme l'urée existe aussi dans la terre cultivée (*Ibid.*), on ne peut décider, *a priori*, si elle est engendrée par la plante ou simplement puisée par sa racine dans le sol avec les sels minéraux nutritifs.

Les animaux ne sont pas les seuls êtres vivants capables de produire l'urée. la cellule végétale possède aussi cette faculté, ainsi qu'en témoignent deux moisissures et de nombreuses plantes d'organisation élevée.

Nous avons précédemment établi que l'*Aspergillus niger* et le *Penicillium glaucum* créent de l'urée en culture aseptique pure à partir du sucre et de l'ammoniac; dans cette Note, nous démontrerons que le même corps prend également naissance, mais avec plus d'abondance, lorsque le *blé*, l'*orge*, le *maïs*, le *pois*, le *trèfle*, la *fève* consomment les matériaux de réserve de leur graine pendant le phénomène de la germination.

1. *Caractérisation de l'urée dans la graine en germination.* — Après l'avoir décelée d'abord dans le pois maintenu 8 à 10 jours à l'étuve vers 25°, sur la ouate humide, nous avons effectué de nouvelles expériences au sein du sable siliceux, lavé et calciné, humecté d'eau distillée, exposé à la lumière et à la température du laboratoire. En suivant les indications de M. P. Mazé, les plantes récoltées étaient robustes et sans trace apparente de moisissure.

Le végétal âgé de 1 mois, haut de 12^{cm} à 15^{cm}, lavé à l'eau distillée, est broyé avec de l'acide acétique et le produit épuisé par l'alcool fort.

Le résidu de la distillation dans le vide des liqueurs alcooliques est repris par l'acide acétique et la solution additionnée de xanthydrol. Le précipité, recueilli par centrifugation, est lavé à la potasse chaude, à l'alcool froid. pour être finalement dissous dans un peu de pyridine bouillante.

Poids d'urée di-xanthylée cristallisée, correspondant à $15^{g},5$ de plante sèche : $0^{g},0695$.

Rendement en urée pour 1^{kg} de plante sèche y compris les cotylédons : $0^{g},64$.

L'urée a été décelée en procédant ainsi dans :

Le blé ayant germé sur l'eau de chaux, 24 heures à l'étuve et ensuite 11 jours à la température du laboratoire;
Le trèfle soumis aux mêmes conditions;
La fève des marais après 6 semaine de germination;
Le malt d'orge, non touraillé, des brasseurs.

2. *Présence de l'urée dans des graines à l'état de repos.* — En opérant sur 100g de graines, préalablement lavées superficiellement à l'alcool, puis séchées et finalement réduites en farine très fine, nous avons obtenu un résultat négatif pour le lupin blanc et la fève des marais, positif pour le blé, le maïs et le pois.

La dose d'urée, isolée sous forme de sa combinaison di-xanthylée, plus grande pour le pois que pour les deux autres semences, n'atteignait cependant pas un centigramme par kilogramme de graine sèche.

3. *Accumulation de l'urée dans l'embryon, son absence ou sa raréfaction dans les cotylédons.* — *Fève des marais.* — Après 6 semaines de germination, les plantules, très vigoureuses, furent séparées des cotylédons et l'urée recherchée dans chacune de ces deux parties. Tandis que des cotylédons (98g à l'état frais) on ne put en extraire la moindre trace, les plantules (70g à l'état frais) donnèrent 0g,055 d'uréine recristallisée, c'est-à-dire 0g,112 d'urée par kilogramme de plantule fraîche.

L'urée a été également décelée, et avec la plus grande facilité, dans *les radicelles du malt d'orge des brasseries*, desséché à basse température, et dans *l'extrait de touraillon* ou *maltopeptone commerciale*.

Embryon du haricot. — 20g de germes, provenant de la décortication industrielle de ce légume, ont fourni près de 1cg d'uréine recristallisée, tandis que 500g de cotylédons de la même graine (décortiqués du commerce) n'ont produit qu'une trace de ce corps.

4. *Présence de l'urée dans la plantule du maïs, ayant germé aseptiquement, et dans la plante adulte, développée sur liquide nutritif stérile, d'après les méthodes de M. P. Mazé.* — Ces deux faits ont été reconnus par l'examen des plantes que M. P. Mazé a eu l'extrême obligeance de mettre à notre disposition. Il en résulte nettement que la cellule végétale est, à elle seule, capable de créer l'urée sans le concours des micro-organismes.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Une théorie de la vision.* Note de M. **Tscherning**, présentée par M. Lippmann.

Parmi le très grand nombre de points que l'œil peut voir à la fois, c'est-à-dire sans faire un mouvement, il y en a un qui se distingue des autres, c'est le *point de fixation*. Il n'est pas possible de dire ce qui caractérise ce point. Si l'on regarde une surface uniforme, on n'a pas la sensation qu'il y ait un point qui se distingue des autres, mais si l'on y marque un point, on a la sensation très nette, si on le fixe ou non. S'il y a deux points, on peut dire lequel on fixe; on peut diminuer la distance entre eux : tant qu'on peut voir qu'il y a deux points, on peut dire lequel on fixe. Il en résulte que le point de fixation doit correspondre à un seul élément rétinien. J'appelle cet élément, *élément principal*, les autres, *éléments accessoires*.

Figurons-nous un instant l'élément principal lumineux. En supposant l'œil emmétrope, il en sortirait un faisceau lumineux cylindrique, ce faisceau rencontrerait, près ou loin de l'œil, un objet qu'il éclairerait. Par suite de la réversibilité des processus optiques, cet objet pourrait, à son tour, éclairer l'élément rétinien. On pourrait se figurer le cylindre comme une sorte d'antenne invisible, attachée à l'œil et mobile avec lui (¹). Je désigne cette antenne, qui nous renseigne sur le monde extérieur, sous le nom de *photophore*.

Nous nous servons du photophore à peu près comme le chirurgien se sert de sa sonde. Ce qu'il sent, ce sont en réalité les vibrations des molécules constituant les parties de la sonde qu'il touche avec ses doigts, mais il a la sensation de toucher les parois de la cavité avec le bout de la sonde. De même, nous ne sentons pas l'éther vibrer contre notre rétine, mais nous croyons toucher les objets extérieurs avec le bout de notre sonde d'éther.

Si nous n'avions qu'un seul photophore, nous serions à peu près dans la situation d'un aveugle qui se guide en tâtant avec sa canne. La supériorité de la vision réside surtout dans le fait que nous possédons un nombre énorme d'éléments rétiniens, par conséquent, un nombre énorme de photophores, allant de la pupille, leur base commune, dans toutes les directions.

(¹) La conception ne correspond à la réalité qu'à la condition qu'on puisse négliger le temps que met la lumière pour arriver de l'objet à la rétine. Il faut remarquer que c'est aussi la condition de toute véritable vision.

Les photophores accessoires peuvent bien nous donner des indications sur la forme des objets extérieurs, mais leur rôle principal consiste à attirer notre attention sur un des points environnants que nous fixerons ensuite.

Il faudrait donc se figurer l'œil muni d'un appendice invisible, de forme conique. La pointe du cône serait la pupille, la base formerait une surface composée d'une mosaïque sensible, image nette ou diffuse de la rétine. Cette surface, que j'appelle la *rétine apparente*, a la forme de l'ensemble des objets qu'on peut voir à un moment donné; elle s'y moule pour ainsi dire. L'instant après, l'œil change de direction et la surface terminale change de forme, et ainsi de suite. Comme le chirurgien se sert de sa sonde en la déplaçant constamment, nous déplaçons constamment le regard pour scruter le monde extérieur.

Lorsqu'on regarde autour de soi dans la pièce dans laquelle on se trouve, on dit communément que les images des murs, des objets, etc., se déplacent sur la rétine. Je dirais, et avec autant de raison, il me semble, que nous promenons notre rétine apparente sur ces objets. Quoique la comparaison puisse paraître bizarre, il existe une grande analogie entre la manière dont la rétine apparente nous renseigne sur la pièce et la manière dont la langue nous renseigne sur les particuliarités des parois de la cavité buccale, dans les deux cas nous tâtons les parois avec une surface couverte d'une mosaïque de points sensibles. Comme la mosaïque est beaucoup plus fine dans la *fovea apparente*, elle l'est aussi sur la pointe de la langue. Quelle différence y a-t-il au fond ? Évidemment, la nature des agents est autre. Dans l'un des cas c'est la dureté des surfaces, leur degré de poli, etc., qui agissent; dans l'autre ce sont leur clarté et leurs couleurs. Et la nature des sensations est autre : dans l'un des cas nous *sentons*, dans l'autre nous *voyons*. Mais, en dehors de cela, je ne vois qu'une seule différence : l'œil peut *fixer* un point, la langue ne le peut pas.

HISTO-PHYSIOLOGIE. — *Sur l'asymétrie du corps ciliaire et sur son importance dans l'accommodation astigmique et les mouvements du cristallin.* Note de M. **Jacques Mawas**, présentée par M. Henneguy.

On sait que la rétine s'étend inégalement à la périphérie du corps ciliaire et qu'elle se rapproche beaucoup plus du limbe cornéen du côté nasal que du côté temporal. Cette disposition anatomique a pour conséquence : 1° la forme rétrécie du segment externe du champ visuel normal, c'est-à-dire

du champ visuel du côté temporal; 2° une notable asymétrie du corps ciliaire, puisque la rétine est plus étendue d'un côté que de l'autre.

Cette asymétrie du corps ciliaire est donc inversement proportionnelle à celle que présente la rétine. Ce dernier fait n'a pas assez attiré l'attention. Nous n'avons trouvé sur ce sujet que les mensurations faites par Terrien, en 1898, sur des yeux humains, et l'on ne lui attache d'ailleurs aucune importance physiologique. Or, il est évident que, grâce à cette disposition, le nombre, la longueur et la force des fibres zonulaires seront loin d'être les mêmes suivant qu'on les considère du côté temporal ou du côté nasal du corps ciliaire. D'un côté, les fibres zonulaires seront, grâce à l'étendue plus considérable de la rétine ciliaire, plus nombreuses, plus longues, et d'une action plus puissante que celles du côté opposé. Le cristallin sera, en d'autres termes, plus tiraillé ou plus relâché d'un côté que de l'autre.

L'importance de l'introduction d'une pareille notion dans la physiologie de l'accommodation nous paraît devoir transformer, en grande partie, notre conception actuelle du mécanisme des mouvements du cristallin lors de la contraction du muscle ciliaire.

Nous avons mesuré la longueur du corps ciliaire chez un certain nombre de Mammifères. L'œil était d'abord orienté de façon à présenter la même position que celle qu'il occupe dans l'orbite. Puis, nous mesurions la longueur du corps ciliaire, depuis l'*ora serrata* jusqu'à la terminaison des procès ciliaires (le cristallin étant en place) du côté nasal et, du côté temporal, dans le diamètre horizontal (0°-180°). Puis, la même mesure était faite dans le sens vertical (90°-270°), et enfin, dans un diamètre intermédiaire, que nous avons choisi situé à 45°. En appelant :

Le côté nasal (transversal) a;
Le côté temporal (transversal) a',
Le côté supérieur (vertical) b;
Le côté inférieur (vertical) b';
Les côtés intermédiaires (45°) c et c',

on obtient le résultat suivant :

1° *Chez le Mouton.*

$$a + a' = 8^{\text{mm}},5 + 4^{\text{mm}},5 = 13^{\text{mm}}$$
$$b + b' = 7,5 + 8 = 15,5$$
$$c + c' = 6 + 9,5 = 16$$

2° *Chez le Porc.*

$$a + a' = 6^{\text{mm}},5 + 4^{\text{mm}} = 10^{\text{mm}},5$$
$$b + b' = 6 + 6 = 12$$
$$c + c' = 6 + 4,5 = 10,5$$

3° *Chez le Bœuf.*

$$a + a' = 10^{mm} + 6^{mm} = 16^{mm}$$
$$b + b' = 10,5 + 8,5 = 19$$
$$c + c' = 8 + 9,5 = 17,5$$

4° *Chez la Chèvre.*

$$a + a' = 8^{mm} + 4,5^{mm} = 12,5^{mm}$$
$$b + b' = 9,5 + 7 = 16,5$$
$$c + c' = 10 + 6 = 16,5$$

5° *Chez le Chien.*

$$a + a' = 7^{mm} + 4^{mm} = 11^{mm}$$
$$b + b' = 4 + 4,5 = 8,5$$
$$c + c' = 6 + 4 = 10$$

6° *Chez le Lapin.*

$$a + a' = 3^{mm} + 2,5^{mm} = 5,5^{mm}$$
$$b + b' = 3 + 3 = 6$$
$$c + c' = 3 + 3 = 6$$

Il importait de déterminer, non seulement les différences qui existent entre un côté du corps ciliaire et le côté opposé, mais aussi si la somme obtenue dans un diamètre n'est pas exactement compensée par celle du diamètre perpendiculaire, ou même par un autre. Les résultats obtenus montrent très nettement que, dans tous les yeux que nous avons examinés, *le corps ciliaire est asymétrique* anatomiquement et physiologiquement.

Cette asymétrie aura pour effet, pendant l'accommodation, en supposant que le muscle ciliaire se contracte entièrement et également partout, ce qui est probable :

1° D'accommoder inégalement les rayons de courbure du cristallin;

2° De corriger ou de compenser un astigmatisme cornéen notable;

3° De déplacer le cristallin du côté où le corps ciliaire est le plus développé;

4° De faire basculer le cristallin et de le faire tourner sur lui-même.

Cette asymétrie explique d'ailleurs parfaitement bien l'accommodation astigmique sans qu'il soit nécessaire, pour cela, de recourir à l'hypothèse d'une action isolée d'un groupe de procès ciliaire.

MÉDECINE. — *De l'immunisation contre le staphylocoque pyogène par voie intestinale.* Note de MM. **Jules Courmont** et **A. Rochaix**, présentée par M. Guignard.

Nous avons montré (1) qu'on pouvait immuniser divers animaux, vis-à-

(1) J. Courmont et A. Rochaix, *L'immunisation par voie intestinale; Vaccination antityphique* (*Comptes rendus*, 20 mars 1911); *De l'immunisation antitoxique par la vaccination antityphique intestinale* (*Comptes rendus*, 10 avril 1911); *La vaccination antityphique par voie intestinale* (*Presse médicale*, 3 juin 1911); *Immuni-*

vis de l'infection éberthienne et de l'infection pyocyanique, en leur introduisant, *dans le gros intestin*, des cultures complètes, tuées par la chaleur. Nos essais d'immunisation antituberculeuse, par la même voie, ont été négatifs [1].

La vaccination antistaphylococcique est-elle possible par cette méthode? Nous avons utilisé comme vaccin des cultures en bouillon de *Staphylococcus pyogenes aureus*, tuées, à l'âge de 7 à 8 jours, par un chauffage à $+70°$, pendant 4 heures.

Trois lavements (longue canule, addition de quelques gouttes de laudanum) de 100^{cm^3} ont été administrés, à 4 jours d'intervalle; à des lapins *adultes* de 2^{kg} à 3^{kg}. Ils furent très bien tolérés.

II. L'inoculation d'épreuve (inoculation de $0^{cm^3},5$ à $1^{cm^3},5$ de culture virulente, dans la veine auriculaire, en même temps qu'à des témoins) a été faite de 20 jours à 4 mois après le dernier lavement.

Les témoins sont tous morts, soit de septicémie aiguë, soit de pyohémie classique, en 8 ou 10 jours, suivant la dose.

Les vaccinés ont régulièrement survécu aux témoins, jusqu'à 35 jours, mais sont tous morts. L'immunisation est donc certaine, mais incomplète.

III. Les lésions observées chez les vaccinés sont intéressantes.

La cachexie est toujours très marquée. Assez fréquemment, on ne trouve aucune lésion macroscopique. Les abcès classiques des reins et du cœur sont, en tout cas, très rares. Par contre, on observe habituellement les lésions anormales suivantes: 1° des abcès, dont certains assez volumineux, disséminés dans le tissu cellulaire sous-cutané ou dans les masses musculaires (régions pectorale, dorsale, plus rarement dans les muscles abdominaux ou des membres); 2° des arthrites purulentes, atteignant diverses articulations, mais de préférence celle des pattes antérieures. Les lésions osseuses ne sont pas la règle, mais peuvent s'observer, avec abcès sous-périostiques, séquestres, abcès médullaires (articulations des pattes antérieures, vertèbres, côtes), absolument comme pour l'ostéomyélite des jeunes lapins.

Nous avons eu quelques cas d'épanchement des plèvres et du péricarde.

---

sation contre l'infection hébertienne expérimentale, par voie intestinale, chez le lapin (*Journal de Physiologie et de Pathologie générale*, 15 novembre 1911); *De la durée de l'immunisation, par voie intestinale, contre l'infection éberthienne expérimentale chez le lapin* (*Comptes rendus*, 27 novembre 1911); *La vaccination contre l'infection pyocyanique par la voie intestinale* (*Comptes rendus*, 11 avril 1911).

(1) J. Courmont et A. Rochaix, *Essais négatifs d'immunisation antituberculeuse par voie intestinale* (*Comptes rendus*, 7 août 1911).

IV. En somme l'introduction de cultures tuées de staphylocoque pyogène, dans le gros intestin du lapin adulte, lui confère un certain degré d'immunité, qui se manifeste par une survie assez prolongée. D'autre part l'infection est profondément modifiée dans ses caractères; au lieu de se traduire par des abcès des reins ou du cœur, elle se localise plus volontiers sur les synoviales, sur le tissu osseux, sur les séreuses; bien que due à des microbes virulents, elle se comporte comme une affection atténuée.

ZOOLOGIE. — *Les « Cytopleurosporés »* (Cytopleurosporea), *embranchement nouveau du règne des Protistes*. Note de M. **Casimir Cépède.**

Dans une Note antérieure (¹), j'ai montré par l'étude d'*Anurosporidium pelseneeri* Caull. et Chapp., que le cycle évolutif de ce parasite présente les plus grandes affinités avec celui des Cnidosporidies d'une part et des *Chytridiopsis* d'autre part; que l'existence d'une *paroi cellulaire* à sa spore le rapproche des Cnidosporidies et que les analogies de son cycle évolutif avec celui des *Chytridiopsis* (²) confirment l'idée émise par Léger et Duboscq (³) (1909) de l'existence d'une paroi sporale cellulaire chez ce dernier parasite.

Et je concluais : « Comme *Anurosporidium* est étroitement allié aux Haplosporidies les mieux caractérisées (*Haplosporidium*, *Urosporidium*, etc.), je crois qu'il serait intéressant de le rapprocher avec *Chytridiopsis* des autres Sporozoaires à spore possédant une paroi cellulaire en créant pour eux le terme d'Acnidosporidies qui marquerait le caractère principal de leur spore à opposer à la présence d'une capsule polaire chez celle des Cnidosporidies qui ont tant de points évolutifs et structuraux communs avec elles. »

Mon étude a montré que *les parasites haplosporidiens typiques n'ont pas une spore simple*, caractère qui servait de base à l'établissement même de

(¹) Casimir Cépède, *Le cycle évolutif et les affinités systématiques de l'Haplosporidie des Donax* (*Comptes rendus*, 28 août 1911).

(²) Nous devons attirer l'attention sur une particularité du cycle sporogonique des *Chytridiopsis* signalée par Léger et Dubosq : « Au cours de la croissance, le noyau (au *synkarion* de copula) se multiplie d'abord lentement et la plupart des noyaux-fils restent dans la région centrale. Cependant trois ou quatre d'entre eux se portent à la la surface et contribuent, avec une mince couche de cytoplasme qui s'étale de plus en plus à la surface de l'élément, à former une enveloppe kystique, cellulaire et résistante. »

(³) Léger et Duboscq, *Sur les* Chytridiopsis *et leur évolution* (*Arch. Zool. exp.*, 5ᵉ série, t. I, 1909, Notes et Revue, nº 1, p. IX-XIII).

l'ordre des HAPLOSPORIDIES (1899) (¹) et (²) [ἁπλοῦς : simple ; σπορά : spore] et dont *Haplosporidium heterocirri* C. et M. (1899) parasite d'*Heterocirrus viridis* et *Haplosporidium scolopli* C. et M. (1899) parasite de *Scoloplos Mülleri* étaient les types caractéristiques fondamentaux. A la lumière des faits apportés par mon travail antérieur (1911), il est aisé de voir : dans la figure 11 de Caullery et Mesnil (1905) (³), un stade qui va précéder la copulation, où les éléments mâles, petits, gagnent le lieu de formation des éléments femelles ; dans la figure 12, un début de sporogonie consécutive à la copulation ; dans la plage peu foncée de la paroi sporale d'*Haplosporidium* et qui « est généralement entourée d'une auréole claire » le noyau de la cellule pariétale de la spore. Nous retrouvons ce noyau de la cellule pariétale dans la plage colorée inférieure de la figure 31 qui représente la spore d'*Haplosporidium Marchouxi* C. et M. et qui est redonnée très nette dans la figure 4 (I) du texte par les auteurs. La faible coloration de ce noyau pariétal s'explique par une forte différenciation à l'alun de fer après la coloration à l'hématoxyline, attestée d'ailleurs par la faiblesse de la coloration du noyau sporoplasmique (*Pl. XI, fig.* 11, 12 et 13 des auteurs).

Notre précédent travail nous fait penser qu'une nouvelle étude d'*Urosporidium* fera trouver sûrement chez ce dernier un cycle évolutif et une constitution de la spore analogues à ce que nous avons décrit nous-même chez *Anurosporidium* et que nous signalons ici chez *Haplosporidium*.

Avant la publication de notre Note antérieure sur le sujet, Léger et Duboscq (⁴), dans une admirable discussion sur la classification des Sporozoaires (1910), ont montré avec quel sens précis de la systématique Delage et Hérouard (⁵) avaient, dès 1896, isolé les Myxosporidies et les Microsporidies dans l'ordre des NEMATOCYSTIDA formant à lui seul la sous-classe des AMŒBOGENIÆ, en en éloignant les *Amœbidium* qui sont des végétaux, ainsi que l'a montré Chatton (⁶) plus tard (1906).

(¹) CAULLERY et MESNIL, *Sur le genre* Aplosporidium (nov.) *et l'ordre nouveau des Aplosporidies* (*Comptes rendus Soc. Biologie*, 14 octobre 1899).

(²) CAULLERY et MESNIL, *Sur les Aplosporidies, ordre nouveau de la classe des Sporozoaires* (*Comptes rendus*, 16 octobre 1899).

(³) CAULLERY et MESNIL, *Recherches sur les Haplosporidies* (*Arch. Zool. exp.*, 4ᵉ série, t. IV, 1905, p. 101-181, 2 planches).

(⁴) LÉGER et DUBOSCQ, *Selenococcidium intermedium* Lég. et Dub. *et la systématique des Sporozoaires* (*Arch. Zool. exp.*, 5ᵉ série, t. V, 1910, p. 187-238, 2 planches).

(⁵) DELAGE et HÉROUARD, *La cellule et les Protozoaires* (*Traité de Zoologie concrète*, t. I, 1896).

(⁶) CHATTON, *La biologie, la spécification et la position systématique des* Amœbidium (*Arch. Zool. exp.*, 4ᵉ série, t. V, 1906, Notes et Revue, nº 1).

La place nous manque pour critiquer ici les classifications qui ont suivi de Mesnil ([1]) (1899) et Schaudinn ([2]) (1900). Léger et Duboscq l'ont fait avec précision (1910); je renvoie le lecteur à leur discussion ([3]). Nous dirons seulement que le groupe des Haplosporidies, tel qu'il a été proposé par ses créateurs doit disparaître. Ce groupe, selon l'avis de Léger et Duboscq (*loc. cit.*, p. 219), serait « rationnel et durable s'il était restreint à la seule famille des *Haplosporididæ* ».

Avant notre Note, il était très exact de dire avec Léger et Dubosq que « de quelque façon qu'on l'entende, il n'a rien à voir ni avec les Télosporidies (Sporozoaires *sensu stricto* Léger et Duboscq) ni avec les Cnidosporidies de Doflein ». Il n'en est plus de même aujourd'hui que nous avons démontré (1911) les grandes affinités structurales et évolutives des *Haplosporididæ* et des Cnidosporidies ([4]).

Le groupe des Acnidosporidies Cépède (1911) doit avoir l'importance systématique d'une classe ([5]) qui fera le pendant de la classe des Cnidosporidies de Doflein (1909); les Cnidosporidies ou Nématocystides représentent, en effet, à elles seules une classe, de l'avis de Léger et Duboscq. A la suite du démembrement des Sporozoaires si justement proposé par ces derniers auteurs, nous ne considérerons pas les Nématocystides seuls comme un embranchement du règne des Protistes. Mais en nous basant sur les caractères structuraux et évolutifs communs aux Acnidosporidies et aux Cnidosporidies, Rhizopodes adaptés à la vie parasitaire, nous voyons, dans ces Protistes à sporoplasme ordinairement amœboïde montrant : une spore a paroi cellulaire, un *cycle schizogonique* et *un cycle gamogonique précédant la sporulation*, un groupe très homogène, nettement délimité, auquel nous donnons la valeur d'un embranchement. Nous le plaçons au voisinage de celui des Lobosa dont il est dérivé par parasitisme et le nommons : *embranchement des* Cytopleurosporea.

([1]) Mesnil, *Essai sur la classification et l'origine des Sporozoaires* (*Vol. jubilaire. Cinquantenaire Soc. Biol. Paris*, 1899).

([2]) Schaudinn, *Untersuchungen über den Generationswechsel bei Coccidien* (*Zool. Jahrbücher*, Bd. XIII, 1900. Abth. 7 : Anat.).

([3]) *Loc. cit.*

([4]) Doflein, *Lehrbuch des Protozoenkunde*, 1909, 2. Auflage. Iena.

([5]) Dans laquelle entre tout naturellement la *Paramyxa paradoxa* de Chatton.

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Étude de l'action des rayons ultraviolets sur l'oreille de lapin.* Note [1] de M. **Venceslas Moycho**, présentée par M. Dastre.

L'action sur la peau des rayons ultraviolets émis par un arc au charbon a été étudiée d'abord par Finsen et ses élèves, Dreyer et Jansen.

Nous avons repris cette étude en employant comme source une lampe à Hg en quartz (Heraeus au régime de 70-75 volts et 3,2 ampères). L'oreille de lapin albinos, épilée, est placée entre deux lames en quartz; un carton noir, portant une ou plusieurs ouvertures de 6^{mm} à 8^{mm} de diamètre est appliqué contre la face externe de l'oreille. Une cuve en quartz, remplie d'eau distillée, est interposée entre la source et l'oreille. La température ambiante a varié de 13° à 19°.

1° *Effets macroscopiques produits par les rayons ultraviolets.* — Les irradiations de très courte durée (au-dessous de 30^s) à la distance de 10^{cm} de la lampe ne produisent généralement aucun effet visible. Quand elles sont plus prolongées (1^m à 12^m), une série de phénomènes apparaissent. Dans les premières heures, on ne voit rien; après 2 à 5 heures, on aperçoit une vaso-dilatation, localisée à l'endroit irradié, qui devient de plus en plus forte et donne à la région irradiée une teinte rouge. Ce phénomène s'accompagne d'élévation de la température et de tuméfaction de plus en plus prononcée. Le maximum de ces effets est atteint après 24 heures. Puis, après 48 heures, une légère atténuation se manifeste. Après 7 à 12 jours, la rougeur et l'élévation de la température disparaissent presque complètement et il se produit une desquamation de la peau; presque en même temps un pigment brunâtre apparaît qui persiste pendant des semaines et même des mois entiers, suivant l'intensité de l'irradiation. Enfin, on observe dans le cas d'une irradiation pas très prolongée (de 4 à 12 minutes) un effet tardif : les poils à l'endroit irradié sont plus longs que tout autour; il y a donc une action stimulante sur le système pileux.

2° *Détermination de la longueur d'onde des rayons actifs.* — Les actions décrites plus haut ne sont dues ni à la chaleur, ni aux rayons visibles. En effet, l'interposition entre la source et l'oreille d'une lame de verre de 1^{mm} d'épaisseur, rend l'irradiation, même pendant plus de 10 heures, tout à fait inactive.

---

[1] Présentée dans la séance du 10 février 1913.

Pour déterminer la longueur d'onde des radiations actives, nous avons séparé différentes régions du spectre ultraviolet au moyen d'écrans dont l'absorption a été mesurée quantitativement par la photométrie de spectrogrammes d'après la méthode de V. Henri.

On cherche, pour chaque écran, le seuil de durée, c'est-à-dire le minimum de temps nécessaire pour produire une réaction vaso-motrice qui apparaît de 12 à 24 heures après l'irradiation.

Voici la moyenne des résultats de 286 expériences :

Écrans.	Épaisseur de l'écran.	Rayons transmis par l'écran.	Seuil de durée.	Ralentissement.
	mm			
Quartz..............	»	6400-2324	30^s	1
Acétate de cellulose...	0,05	jusqu'à 2900 bien; 2900-2750 affaiblis	3^m-4^m	6- 8 fois
Viscose............	0,06	» 3000 » 3000-2324 »	4^m-5^m	8-10 »
Verre...............	1	» 3100 » 3100-2930 »	$>10^h$	>1200

On voit que les radiations de longueur d'onde plus grande que 3100^A n'ont pratiquement aucune action sur l'oreille de lapin. Les radiations à travers l'acétate de cellulose sont plus efficaces qu'à travers la viscose. La viscose laisse passer les rayons jusqu'à $\lambda = 2324$, mais déjà à partir de $\lambda = 3000$ la transparence de cet écran est faible. L'acétate de cellulose arrête tous les rayons au-dessous de 2750, mais il est plus transparent que la viscose pour les rayons de $\lambda > 2900$; par conséquent, la région la plus active se trouve entre 3100 et 2900.

3° *Transparence des tissus de l'oreille aux diverses radiations.* — On sait que le protoplasma cellulaire absorbe d'une façon très intense les rayons ultraviolets et l'absorption croît très vite pour des rayons de plus en plus courts; ainsi d'après les mesures de Mme et M. V. Henri (*Comptes rendus*, 22 juillet 1912) les $\frac{9}{10}$ des rayons sont absorbés : pour $\lambda = 2324$ par une couche de $0^{mm},02$ de protoplasma; pour $\lambda = 2820$, par une couche de $0^{mm},09$; pour $\lambda = 2894$, par une couche de $0^{mm},12$; pour $\lambda = 2926$, par une couche de $0^{mm},19$; pour $\lambda = 3024$, par une couche de $0^{mm},77$. Par conséquent, si les cellules sur lesquelles se porte l'action des rayons ultraviolets se trouvent à une certaine profondeur, les rayons ultraviolets extrêmes ne pourront pas arriver jusqu'à ces cellules.

Nous avons déterminé la transparence des tissus cutanés de l'oreille de lapin, en découpant un lambeau très mince de $0^{mm},14$ d'épaisseur et en photographiant le spectre ultraviolet à travers ce lambeau. On trouve que

la raie 2967 passe à peine; le groupe 3021 passe nettement et, à partir de 3131^A, la transparence est bonne.

Par conséquent, il résulte de là :

Que les cellules sur lesquelles agissent surtout les rayons ultraviolets pour produire les phénomènes se traduisant par la vaso-dilatation consécutive se trouvent à une certaine profondeur d'environ $\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{6}$ de millimètre; ceci explique que ce sont les rayons entre $\lambda = 3100$ et 2900 qui sont les plus actifs.

GÉOLOGIE. — *Sur les terrains paléozoïques de la Rivière Noire (région entre la frontière laotienne et le Fleuve Rouge, Tonkin).* Note de M. **Deprat**, présentée par M. H. Douvillé.

Durant un récent voyage dans le bassin de la Rivière Noire, j'ai pu relever sur les feuilles de Thanh-ba et de Van-yên beaucoup de faits nouveaux; je n'exposerai ici que ceux qui concernent la stratigraphie des terrains paléozoïques, laissant de côté, faute de place, les terrains secondaires et la tectonique remarquablement compliquée. Malgré la végétation, les observations géologiques sont très facilitées par la dissection poussée à l'extrême d'une région très montagneuse soumise à une érosion rapide et intense. La circulation est seulement quelquefois pénible, car on doit remonter beaucoup de ravins dans l'eau des torrents.

Je donne une coupe typique relevée dans la région d'An-mieng, concernant la série gothlandienne (épaisse de 800^m au minimum) et dévonienne, et prise de Ban-hom au col entre Mo-ha et Muong-thé :

Dévonien moyen :

16. Masse de grès et de schistes marneux.
15. Banc de grès jaune à *Lingula* n. sp.
14. Marnes schisteuses roses et jaunes à *Mytilarca* (*Plethomytilus*) *oviformis* Hall.
    Faille d'étirement.

Dévonien inférieur :

13. Calcaire bleuâtre marneux à *Stromotopores*.
12. Masse de grès jaunâtres à *Actinopteria texturata* Phillips.

Gothlandien :

11. Grès jaunes à *Spirifer cabedanus* de Vern. et d'Archiac.
10. Marnes bleuâtres sans fossiles.
9. Quartzites sans fossiles.

8. Grès jaunes fins, masses de marnes grises, grès marneux à *Modiomorpha* n. sp.
7. Calcaire noirâtre à *Rhynchonella* n. sp., *Loxonema* sp.
6. Calcaire gris à *Favosites Troosti* M. E. et H.
5. Calcaire bleu noir à *Rhynchonella* n. sp.
4. Calcaire blanc à *Favosites gothlandicus* Lmk.
3. Masse de calcschistes épais, pleins de fossiles, alternant avec des marnes grises et des lentilles de calcaires construits par des polypiers (*Favosites gothlandicus*, etc.).
2. Grès fin verdâtre (équivalent des grès à *Acidaspis* de Lang-chiet).
1. Masse de grès fins et de marnes de Ban-hom à *Gomphoceras* sp., *Poleumita* n. sp., *Eotomaria* sp., etc.

Près de Lang-chiet (feuille de Thanh-ba) où j'ai pu étudier une série gothlandienne très analogue (à environ 60^{km} de la précédente), j'ai recueilli de très beaux échantillons d'un *Acidaspis*, de deux espèces de *Cyphaspis* et d'un *Dalmanites* non encore déterminés spécifiquement, mais étroitement alliés et sans doute même identiques, autant qu'il me semble à cette heure, à des formes gothlandiennes de Dudley ou bohémiennes.

Le grand intérêt des couches signalées dans la coupe précédente réside dans le caractère américain offert par plusieurs étages. Ainsi les marnes de Ban-bom avec d'innombrables individus de *Gomphoceras* sp., de *Poleumita* n. sp. et d'*Eotomaria* sp., rappellent étroitement des espèces similaires de Guelph; les couches des assises 3 renferment une faune de *Modiomorpha* n. sp., *Sanguinolites* n. sp., *Eotomaria* n. sp. à facies très voisins des formes américaines. Au-dessus vient une riche série de calcaires à polypiers (Wenlock) à *Favosites gothlandicus* Lmk., *Favosites* sp., *Heliotites*, *Amplexus*, *Monticulipora*, *Alveolites*, etc. Les calcaires 4, 5 et 6 sont surtout caractérisés par *Favosites Troosti* M. E. et H. avec deux *Rhynchonella* n. sp., dont l'une est affine à *Rhync. lacunosa* Sowerby, de Wenlock, d'après M. Mansuy. Les couches supérieures renferment encore la faune à *Modiomorpha* n. sp. de 3. Les couches 11 sont caractérisées par l'extraordinaire abondance de *Sp. cabedanus;* c'est le passage au Dévonien inférieur, ce dernier caractérisé surtout par les couches à *Actinopteria texturata* Phillips, *Sphenotus solenoides* Hall, *Chonetes longispina* Mansuy, *Discina* (*Orbiculoidea*) *Forbesi* Davidson.

Le Dévonien moyen offre une faune étroitement alliée à celle d'Hamilton. Les espèces les plus abondantes recueillies jusqu'à présent sont : *Mytilarca* (*Plethomytilus*) *oviformis* Hall, *Myt.* (*Pleth.*) n. sp., *Schizodus chemungenssi* Hall, *Goniophora* n. sp., *Palæopinna* sp., etc. Les espèces déterminées sont rigoureusement identiques aux espèces américaines.

J'ai retrouvé près de Lang-chiet et de Lan-con les couches à *Spirifer crispus* de la partie supérieure de l'Ordovicien déjà signalées au Tonkin. Le reste de l'Ordovicien est métamorphisé et passe à des gneiss.

Le Gothlandien et l'Ordovicien renferment des coulées intercalées de roches trappéennes très fraîches qui seront étudiées.

Près de Ban-cai, j'ai découvert une puissante série de schistes, grès et calcaires *dinantiens* à *Spirifer grandicostatus* M. Coy, *Prod.* cf. *spinulosus* Sow., avec de nombreux fossiles : *Productus* sp., *Sedgwickia* n. sp., *Sedgwickia* sp., *Tellinomya* sp., *Paracyclas* sp., *Byssopteria* sp., *Goniophora* sp., *Edmundia* sp., *Grammysidæ* indét., etc. (¹).

J'ai découvert sur la feuille de Van-yên, entre Mo-ha et Muong-thé, un magnifique horizon *ouralien* à *Fusulines* (*F. globosa* Dep., *F. multiseptata* Schellw., *F. complicata* Schellw., etc., avec une riche faune de *Productus*, *Marginifera*, *Martinia*, *Reticularia*, *Notothyris*, *Aviculopecten*, de *Gastropodes*, *Fenestelles*. Les Spirifères les plus communs sont *Sp. Lydekkeri*, *Sp. Dieneri*, *Sp. Fritschi*, *Sp. musakheylensis*, etc. Ces calcaires, par leur richesse en fossiles, sont comparables aux plus belles séries du Salt Range. Avec les calcaires de Cam-kheut, prospectés par le commandant Dussault et qui renferment une faune semblable, cet horizon nous a fourni déjà environ 170 espèces, très bien conservées. Ces faunes seront prochainement l'objet de monographies paléontologiques par M. Mansuy.

Parmi ces découvertes, il y en a de très importantes au point de vue général pour la connaissance de la Géologie de l'Asie sud-orientale. J'insisterai surtout sur celle des Trilobites gothlandiens européens, sur celle d'une puissante série détritique gothlandienne à faune affine à celle de Guelph, sur celles d'un nouvel horizon important de Dévonien inférieur à *Actinopt. texturata* Phill. et, surtout, du Dévonien moyen à facies de Hamilton ; sur celle du Dinantien et sur la présence d'un Ouralien très riche en fossiles dans une région où il n'avait pas encore été signalé.

(¹) Je rappellerai que j'ai déjà fait connaître l'existence du Dinantien en Indo-Chine, mais d'un facies très différent, dans les schistes marneux à *Phillipsia* de Bai-duc, en Annam, et que M. Mansuy a signalé des calcaires dinantiens avec une belle faune à la Montagne de l'Éléphant.

GÉOLOGIE. — *Sur un nouveau mode d'érosion fluviale.* Note de M. **Maurice Lugeon**, présentée par M. Pierre Termier.

Les travaux de Jean Brunhes, Chaix, etc., ont mis en pleine lumière la tactique de l'érosion tourbillonnaire. Il pouvait paraître, après des recherches aussi détaillées et récentes, que le problème des procédés d'érosion fluviale était épuisé. Aussi bien dans le lit mineur que sur la banquette du lit majeur, l'enquête montrait des marmites de géant imprimées par les tourbillons descendants. Il est, cependant, à faire remarquer qu'à côté des marmites plus ou moins cylindriques existent également des fossés plus ou moins allongés, creusés par les tourbillons qui cheminent, la marmite étant creusée par un tourbillon fixe.

A ce phénomène, actuellement bien connu, il faut ajouter un nouveau mode où *l'eau avec ses matières en suspension agit comme si les filets liquides étaient horizontaux ou subhorizontaux et rectilignes.*

Si cette action semble avoir passé inaperçue jusqu'à ce jour, à notre connaissance du moins, c'est qu'il faut des conditions spéciales pour l'enregistrer : la roche encaissante doit être particulièrement dure, à grain très fin, et la rivière doit pouvoir débiter avec grande vitesse des crues d'eaux très boueuses relativement considérables.

Ces conditions sont remplies par la Yadkin, rivière qui descend de la Blue Ridge (Caroline du Nord), dont j'ai parcouru la vallée en décembre 1912, en compagnie de MM. Pierre Bergès et Campbell.

La Yadkin s'écoule dans une pénéplaine soulevée. Entre les environs de Salisbury et Wadesboro, le territoire est constitué par des argilites, probablement algonkiennes, percées par de vastes culots de porphyre, dont les phénocristaux sont petits au milieu d'une pâte microlitique très fine. La roche a la dureté et la ténacité d'une cornéenne.

Dans les zones d'argilite, la rivière coule sur une pente très faible, qui s'exagère beaucoup à travers les masses porphyriques. Ainsi, entre Whitney et les Falls, la chute est de 70^{m} sur environ 15^{km}, déterminée par une masse de brèche porphyrique et un culot de porphyre.

Le cours d'eau possède un débit très variable. En 1909, par exemple, d'après les calculs du Geological Survey, le débit a oscillé entre $44^{m^3},5$ et 1540^{m^3}. En 1912, on a enregistré une crue très exceptionnelle de 3500^{m^3}. Les variations sont soudaines, la rivière pouvant passer, d'un jour à l'autre, de 200^{m^3} à 1000^{m^3}.

A une telle variabilité de débit correspond une grande différenciation du lit mineur d'avec le majeur. Le mineur est réduit à environ 25^{m} de large aux Narrows, par exemple, dans le défilé le plus étroit à travers la roche éruptive, alors que le lit ma-

jeur possède une largeur de 75^m à 150^m et plus. D'autre part, la banquette du lit majeur domine le niveau d'étiage de 5^m à 6^m par places.

Dans le lit mineur, l'érosion tourbillonnaire a imprimé de nombreuses marmites de géant. Les espaces qui les séparent sont polis admirablement, sans cannelures, et la roche y présente une patine noire analogue à certains polis désertiques.

Sur la banquette du lit majeur existent également des marmites de géant, et le même poli s'y observe, plus ou moins détruit cependant par les actions aériennes et par les végétaux inférieurs.

Mais, sur le haut du versant du lit mineur, à partir de $0^m,50$ à $1^m,50$ au dessus du niveau de bas étiage, et sur le bord de la banquette du lit majeur, sur une largeur de 5^m à 10^m, se présente un modelé extraordinaire du porphyre, rappelant les effets de l'érosion éolienne.

Sur les surfaces redressées qui font face à l'amont, on voit une multitude de creux, atteignant 3^{mm} ou 4^{mm} de profondeur, situés eux-mêmes dans un plan légèrement concave, dont le diamètre peut atteindre 10^{cm}. Sur le bord de cette petite surface concave, les cupules s'ordonnent, se disposent en sillons allongés qui rayonnent et qui peuvent atteindre plusieurs centimètres de long. Sur les surfaces obliques au fil de l'eau, la roche est entièrement striée.

On ne saurait accuser l'érosion éolienne, le lit de la rivière ne possédant qu'exceptionnellement et temporairement du sable exondé. Ce qu'on voit ne peut être attribué, vu du reste la localisation du phénomène, qu'à la rivière. Or, la disposition des petites cuvettes concaves, la direction des stries, *tous ces phénomènes de burinage paraissent s'être formés par des jets de sables rectilignes*. C'est un phénomène très analogue à celui qui se passe sur les ailettes de turbines corrodées par des eaux chargées de matières en suspension.

Voici l'explication que nous donnons de ce curieux phénomène d'érosion :

Aux basses eaux, la rivière renfermée dans son lit mineur use son lit exclusivement par l'action des mouvements tourbillonnaires. Le tourbillonnement de l'eau n'est pas assez rapide pour que les grains siliceux puissent sillonner la roche; ils se contentent de la polir. Quand l'eau monte, la vitesse s'exagère. Elle devient maximale lorsque le lit mineur est plein. A ce moment, et exclusivement dans la tranche d'eau supérieure, la vitesse est telle, qu'une vraie mitraille de grains de sable s'abat sur la roche, comme si cette mitraille était plus abondante selon certains filets. Alors se creusent les petites cupules et le sable rejaillit, glisse sur la roche et la strie, en lui donnant une patine semblable à celle que produit le sable chassé par le vent.

Lorsque le niveau s'élève encore, la rivière déborde sur le lit majeur. La tranche d'eau du lit majeur, moins épaisse, se meut avec une vitesse moindre. Sur la surface de ce lit ne peuvent alors que dominer les mouvements tourbillonnaires, et le poli de la roche ne peut être égal qu'à celui de la roche du lit mineur.

Ce striage par percussion et burinage, ce nouveau phénomène d'érosion, auquel il faudra donner un nom, *constitue un puissant moyen d'érosion, d'élargissement du haut du versant du lit mineur.* Il est évident qu'on doit le retrouver sur d'autres rivières, sur celles qui présenteront de suffisantes variations de débit, des roches encaissantes assez résistantes pour se laisser buriner, et une suffisante quantité de sable dur en suspension.

M. Savoyat adresse une Note intitulée : *Sourciers. Baguette divinatoire.*

(Renvoi à une Commission composée de MM. A. Gautier, Dastre et Douvillé.)

A 4 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 4 heures trois quarts.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 10 FÉVRIER 1913.

Observations de nébuleuses et d'amas stellaires, par G. BIGOURDAN; Tome III, seconde Partie : *Observations différentielles :* $XII^h, 0^m$ — $XIV^h, 0^m$. (Extr. des *Annales de l'Observatoire de Paris.* Observations.) Paris, Gauthier-Villars, s. d.; 1 vol. in-4°. (Hommage de l'auteur.)

Les pharmaciens militaires français, par A. BALLAND. Paris, L. Fournier, 1913; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Die moravischen Fenster und ihre Beziehung zum Grundgebirge des hohen Gesenke, von FRANZ-E. SUESS; mit 3 Textfiguren und 3 Tafeln. (Extr. des *Denkschr. der mathem.-naturwiss. Kl. d. k. Akad. d. Wissensch.*) Vienne, Alfred Hölder, 1912; 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. Termier.)

Le Centenaire de Bougainville, par E. DOUBLET. (Extr. de la *Revue de Géographie commerciale.*) Bordeaux, imp. Bière, 1913; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Bigourdan.)

Collection des Manuels pratiques d'analyses chimiques à l'usage des laboratoires officiels et des experts, publiés sous la direction de MM. F. BORDAS et EUGÈNE ROUX : *Eaux douces et minérales*, par F. DIÉNERT. — *Vins : vins ordinaires, vins mousseux, vins liquoreux et vins de liqueur,* par U. GAYON et J. LABORDE. — *Alcools : alcool, alcool dénaturé, dénaturants*, par M. LOUIS CALVET. — *Alcool méthylique, vinaigres, acides acétiques industriels, acides acétiques dénaturés, acétates, acétone*, par LOUIS CALVET. — *Beurres et graisses animales, margarines, saindoux et graisses alimentaires*, par ALBERT BRUNEAU. — *Huiles et graisses végétales comestibles : olive, coton, œillette, arachide, coco*, par G. HALPHEN. — *Huiles minérales : pétroles, benzols, brais, paraffines, vaselines, ozokérite*, par HENRI DELEHAYE. — *Les matières cellulosiques : textiles naturels et artificiels, pâtes à papier et papiers*, par FRANCIS-J.-G. BELTZER et JULES PEROZ. — *Matières tannantes, cuirs : gélatines, colles, noirs, cirages*, par L. JACOMET. — *Soude, potasse, sels*, par P. MÉKER. — *Chaux, ciments, plâtres*, par E. LEDUC et G. CHENU. Paris et Liége, Ch. Béranger, 1912; 11 vol. in-12. (Présenté par M. d'Arsonval.)

Liste et résumé de mes principaux travaux mathématiques, par M. DÉSIRÉ ANDRÉ. Paris, Gauthier-Villars, 1904; 1 fasc. in-8°.

Notice sur les travaux scientifiques de M. DÉSIRÉ ANDRÉ. Paris, Gauthier-Villars, 1910; 1 fasc. in-4°.

Notice sur les travaux scientifiques de M. GEORGES CLAUDE. Paris, H. Dunod et L. Pinat, 1913; 1 fasc. in-4°.

Notice sur les titres et travaux scientifiques de M. C. CHABRIÉ. Paris, Gauthier-Villars, 1913; 1 fasc. in-4°.

Notice sur les titres et travaux scientifiques de M. PAUL JANET. Paris, Gauthier-Villars, 1913; 1 fasc. in-4°.

Notice sur les travaux scientifiques de M. MAURICE D'OCAGNE. Paris, Gauthier-Villars, 1910; 1 fasc. in-4°.

Catalogue général des tremblements de terre de l'année 1907, par ROBERT LAIS. (*Publications du Bureau central de l'Association internationale de Sismologie;* série B.) Strasbourg, 1913; 1 fasc. in-4°.

Observatoire de la Société astronomique de France. Observations et travaux; t. I, 1911-1912. Paris, 1912; 1 fasc. in-8°.

Journal of the Washington Academy of Sciences; t. III, n° 1, january 4, 1913. Washington, 1913; 1 fasc. in-8°.

Proceedings of the Imperial Academy; t. I, n° 1. Tokio, 1912; 1 fasc. in-4°.

ERRATA.

(Séance du 27 janvier 1913.)

Note de M. *Paul Pascal*, Remarques sur l'additivité du diamagnétisme en combinaison :

Page 324, ligne 9 en remontant, *au lieu de*

$$Sn(C^5H^{11})^4 \quad -399$$

lire

$$Sn(C^5H^{11})^4 \quad -309$$

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 FÉVRIER 1913.

PRÉSIDENCE DE M. F. GUYON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Équation fonctionnelle pour l'équilibre relatif d'un liquide homogène en rotation sous l'attraction newtonienne de ses parties.* Note de M. **Paul Appell.**

Dans les *Rendiconti del Circolo matematico di Palermo* (t. XXX, 1910), j'ai donné, pour ce même problème, une équation fonctionnelle dépendant d'une intégrale triple, ou même quadruple, et d'une fonction de trois variables. Cette équation a conduit un jeune mathématicien, M. Collet, à des résultats encore inédits, présentés pour l'obtention du diplôme d'études supérieures à la Faculté des Sciences de l'Université de Poitiers.

Je me propose d'indiquer ici, très brièvement, une autre équation fonctionnelle, dépendant seulement d'une intégrale double, et contenant une fonction de deux variables.

Imaginons une masse liquide homogène dont les éléments s'attirent suivant la loi de Newton et qui tourne, avec une vitesse angulaire constante ω, autour d'un axe fixe Oz. Rapportons le fluide à des axes rectangulaires Ox, Oy, Oz entraînés dans le mouvement de rotation. Supposons, pour simplifier l'écriture, les unités choisies de telle façon que la densité du liquide et la constante de l'attraction universelle soient exprimées par l'unité.

Soient ξ, η, ζ les coordonnées d'un point quelconque de la surface libre S du fluide, $d\sigma$ l'élément superficiel placé en ξ, η, ζ, et α, β, γ les cosinus

directeurs de la normale extérieure à cet élément. Soient, d'autre part, x, y, z les coordonnées d'un point déterminé de la surface S et r la distance

$$r=\sqrt{(\xi-x)^2+(\eta-y)^2+(\zeta-z)^2}.$$

Le potentiel U de la masse attirante au point (x, y, z) de la surface a pour valeur, d'après Gauss,

$$U(x,y,z)=\frac{1}{2}\int\int_S \frac{\alpha(\xi-x)+\beta(\eta-y)+\gamma(\zeta-z)}{r}\,d\sigma,$$

l'intégration étant étendue à la surface S. D'autre part, en admettant que, sur la surface libre, la pression soit constante, on a, pour l'équation de cette surface,

$$U(x,y,z)+\frac{\omega^2}{2}(x^2+y^2)-K=0,$$

K désignant une constante. On a donc, sur la surface,

$$(1)\qquad \int\int_S \frac{\alpha(\xi-x)+\beta(\eta-y)+\gamma(\zeta-z)}{\sqrt{(\xi-x)^2+(\eta-y)^2+(\zeta-z)^2}}\,d\sigma+\omega^2(x^2+y^2)-2K=0.$$

L'équation de la surface dépend d'une fonction inconnue de deux variables : par exemple ζ est une fonction de ξ, η et z la même fonction de x et y ; de plus $\alpha\,d\sigma$, $\beta\,d\sigma$, $\gamma\,d\sigma$ dépendent des dérivées partielles premières de cette fonction. L'équation (1) est alors une équation intégro-différentielle définissant cette fonction.

Pour conserver la symétrie, je suppose que, sur la surface,

$$(2)\qquad \xi=f(\lambda,\mu),\qquad \eta=\varphi(\lambda,\mu),\qquad \zeta=\psi(\lambda,\mu),$$

λ et μ désignant deux paramètres. Le point (x, y, z) de la même surface correspondra à deux valeurs l et m des paramètres :

$$(2')\qquad x=f(l,m),\qquad y=\varphi(l,m),\qquad z=\psi(l,m).$$

Supposons que la normale extérieure ait pour cosinus directeurs

$$\alpha=\frac{A}{\sqrt{A^2+B^2+C^2}},\qquad \beta=\frac{B}{\sqrt{A^2+B^2+C^2}},\qquad \gamma=\frac{C}{\sqrt{A^2+B^2+C^2}},$$

avec

$$A=\frac{\partial\eta}{\partial\lambda}\frac{\partial\zeta}{\partial\mu}-\frac{\partial\zeta}{\partial\lambda}\frac{\partial\eta}{\partial\mu},\qquad \ldots,$$

$$d\sigma=\sqrt{A^2+B^2+C^2}\,d\lambda\,d\mu,$$

l'équation (1) deviendra

$$(3)\qquad \iint \frac{\begin{vmatrix} \xi - x & \eta - y & \zeta - z \\ \frac{\partial \xi}{\partial \lambda} & \frac{\partial \eta}{\partial \lambda} & \frac{\partial \zeta}{\partial \lambda} \\ \frac{\partial \xi}{\partial \mu} & \frac{\partial \eta}{\partial \mu} & \frac{\partial \zeta}{\partial \mu} \end{vmatrix}}{\sqrt{(x-\xi)^2 + (y-\eta)^2 + (z-\zeta)^2}^3} d\lambda\, d\mu + \omega^2(x^2+y^2) - 2K = 0,$$

où il faut supposer ξ, η, ζ, x, y, z remplacés par leurs expressions (2) et (2').

On peut également, pour n'introduire qu'une fonction inconnue de deux variables, prendre le système de coordonnées tangentielles qu'Ossian Bonnet a employé (*Comptes rendus*, t. 37, p. 529), en écrivant l'équation du plan tangent au point ξ, η, ζ, sous la forme

$$\xi \cos\lambda + \eta \sin\lambda + i\zeta \sin i\mu = -Z,$$

Z étant une fonction inconnue de λ et μ.

L'équation (3) prend une forme simple, ne contenant qu'une fonction d'une variable, quand on suppose que la surface est de révolution autour de Oz.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Fusibilité des corps gras naturels.* Note de M. **H. Le Chatelier** et de M[lle] **Cavaignac.**

Notre ignorance au sujet de propriétés usuelles des corps les plus communs est souvent étrange. La fusibilité des corps gras, par exemple, est, dans tous nos Traités de Chimie, l'objet d'affirmations contradictoires, pour ne pas dire paradoxales. Le point de fusion différerait de celui de solidification, mais l'écart serait constant pour tous ces corps et voisins, de 20° ou de 5°, suivant les auteurs; enfin ces températures dépendraient des appareils de mesures employés.

Les recherches poursuivies dans le but d'éclairer ces anomalies n'ont pas conduit à des conclusions moins surprenantes. D'après Duffy (¹), chaque corps gras défini présenterait trois variétés polymorphiques, dont les points de fusion différents expliqueraient l'inconstance des températures observées.

(¹) *London Chem. Soc.*, t. V, 1853, p. 303.

J. Bouis [1] admet l'existence, dans les corps gras fondus, de deux espèces distinctes de chaleurs latentes, dont l'une doit se dégager du corps resté liquide pour permettre le commencement de la solidification. Enfin quelques savants invoquent l'influence de très petites quantités de matières étrangères, d'impuretés, dont la présence suffirait pour élever ou abaisser considérablement les points de fusion et de solidification.

Avant de rechercher les causes de ces anomalies, il était nécessaire de s'assurer de leur existence réelle. En fait, aucune preuve expérimentale bien précise n'en a été fournie jusqu'ici, et il semble bien étrange que, parmi tous les corps naturels, les matières grasses seules échappent aux lois générales de la mécanique chimique.

Rappelons ici les lois des changements d'état :

1° La fusion et la solidification sont deux phénomènes réciproques et réversibles; ils se produisent exactement à la même température;

2° Cette température de fusion est abaissée par la présence de matières étrangères solubles dans le corps fondu, proportionnellement à la quantité des matières ainsi ajoutées;

3° Les changements d'état peuvent donner lieu à des retards par surfusion ou surchauffe et à des ralentissements dus à la viscosité.

Les recherches dont nous allons rendre compte montrent qu'en fait la seule particularité des corps gras est de présenter une vitesse de changement d'état extrêmement lente.

1° *Réversibilité*. — Nos recherches ont porté sur deux corps gras naturels, la végétaline et la stéarine. La matière était enfermée dans des tubes en verre de 5^{mm} de diamètre et 100^{mm} de longueur, scellés à la lampe; les tubes étaient placés dans un bain d'eau maintenu à température constante : les uns renfermant le corps solide, les autres le même corps préalablement fondu. On suivait alors la marche du phénomène, observant soit la solidification dans le tube liquide, soit la fusion dans le tube solide. On recommençait successivement l'expérience à des températures différentes, choisies d'après le principe de la fourchette, c'est-à-dire qu'on prenait chaque fois la moyenne des deux températures les plus rapprochées ayant donné précédemment des résultats contraires.

---

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XLIV, 1855.

Végétaline.

30°, Fusion immédiate.
20°, Solidification immédiate.
25°,5, Fusion rapide.
23°, Solidification en 15 minutes.
24°,8, Pas de changement après 48 heures.
24°,2, Cristallisation commençant après 24 heures.
25°,2, Pas de changement après 24 heures.

Ces expériences laissaient subsister une incertitude de 1°, intervalle de température dans lequel on n'observait aucun changement ni dans le tube solide, ni dans le tube liquide. Une seconde série d'expériences fut faite en employant un tube semblable aux précédents, dans lequel la matière avait été fondue sur la moitié seulement de sa hauteur, de façon à laisser toujours des germes solides au contact du liquide. On notait alors la longueur dont la partie solide variait dans un sens ou dans l'autre après un temps de chauffage plus ou moins prolongé.

24°,4, Solidification sur 1^{mm} après 18 heures.
» » sur 2^{mm} après 38 »
» » sur 7^{mm} après 93 »
25°, Fusion sur 10^{mm} après 24 heures.
24°,8, Solidification sur 1^{mm} après 19 heures.
» » sur 3^{mm} après 28 »

La moyenne de ces deux dernières températures, 24°,9, doit donc être considérée comme la température du changement d'état réversible, avec une incertitude inférieure à $\frac{1}{10}$ de degré. Ce nombre, bien entendu, ne se rapporte qu'à l'échantillon étudié, la végétaline étant un mélange de plusieurs composés définis dont les proportions peuvent varier.

Cette température de 24°,9 se rapporte au point de solidification commençante ou de fusion finissante. La solidification totale paraît s'achever dans un intervalle de 3°, le mélange eutectique se solidifiant vers 22°.

Cette circonstance peut donner lieu à une erreur qu'il est utile de signaler. Quand on soumet le même tube à des fusions et solidifications répétées, le contenu en devient hétérogène, la partie supérieure présentant un point de solidification plus élevé que la partie inférieure. Il se produit en effet à chaque solidification une liquation qui concentre vers le bas l'eutectique resté plus longtemps liquide. La solidification étant accompagnée d'une contraction donne naissance à des vides et les parties

encore liquides descendent naturellement remplir la partie inférieure de ces espaces vides.

Les résultats pour la stéarine ont été analogues à ceux de la végétaline, avec une température de changement d'état plus élevée, bien entendu.

Stéarine.

57°, Fusion immédiate.
51°,4, Solidification immédiate.
55°,5, Fusion après 24 heures.
54°, Solidification après 24 heures.
Les expériences ont été alors continuées avec le tube demi fondu.
54°,4, Solidification nettement croissante après 24 heures.
54°,9, Fusion nettement croissante après 24 heures.

La température moyenne 54°,65 représente à 0°,2 près le point de changement d'état de l'échantillon de stéarine étudié.

La fusion des corps gras est donc, comme celle de tous les corps, un phénomène réversible.

2° *Surfusion.* — Les expériences sur la végétaline montrent très nettement l'existence d'une surfusion puisque, en l'absence de germes cristallins, on n'observe aucun changement d'état dans un intervalle de température dépassant 1°. Des expériences faites en abandonnant à un refroidissement régulier de la végétaline fondue, dans laquelle on avait ou non laissé des germes solides, ont donné des températures de solidification commençante nettement différentes dans les deux cas.

Vitesse de refroidissement à l'heure.	Température de solidification	
	avec germes.	sans germes.
2°,5	23°,1	21°,8
1°,5	24°,2	21°,9

3° *Vitesse de cristallisation.* — Même en présence de germes cristallins, la surfusion ne cesse pas instantanément, la cristallisation ne se produit pas avec une vitesse comparable à celle des solutions salines sursaturées ou de l'eau en surfusion. Dans une solution sursaturée de sulfate de soude, prise à la température ordinaire, l'addition d'un germe donne naissance à des cristaux filiformes dont la vitesse d'accroissement est de l'ordre du centimètre par seconde. Dans la végétaline au contraire, prise à 1° au-dessous de son point de fusion, l'allongement des cristaux sur 1^{cm} demande des journées entières, la vitesse de solidification est donc 100000 fois

moindre. On peut citer comme exemple analogue la dévitrification des verres qui présente beaucoup d'analogie avec la cristallisation des corps gras.

Les points de fusion et de solidification observés par les méthodes usuelles doivent donc être, dans une large mesure, fonction des vitesses de refroidissement ou d'échauffement. Voici des résultats relatifs à la végétaline :

Vitesse de refroidissement à l'heure.	Température de solidification en présence de germes.	Température de fusion.
1°	»	26°,1
2	23°,7	26,1
4	22	25,8
8	21	25,6
16	20,9	26
40	20	26,3

La température de fusion est sensiblement constante et supérieure de 1° environ à celle du point de changement d'état réversible. La température de solidification s'abaisse, au contraire, à mesure que la vitesse de refroidissement devient plus rapide. L'écart entre les deux températures va donc en croissant, il est en moyenne de 5° pour des vitesses de refroidissement et d'échauffement variant de 4° à 40° à l'heure.

La stéarine a donné des résultats analogues. Sa température de fusion, peu différente de celle du changement d'état réversible, s'est élevée de 54°,8 à 55°,2, quand la vitesse d'échauffement a varié de 4° à 40°, la température de solidification, plus variable, a décru dans les mêmes conditions de 54° à 52°.

Dans les deux cas, le point de fusion observé à l'échauffement a été plus voisin du véritable point de transformation réversible que le point de solidification. C'est là d'ailleurs un fait général. Au-dessus d'une température d'équilibre, les vitesses de transformation croissent à la fois avec la valeur absolue de la température et avec la différence entre cette température et celle d'équilibre. Au-dessous de ce point, les deux mêmes facteurs agissent au contraire en sens inverse, la température diminuant quand l'écart croît. Les retards aux transformations sont donc toujours beaucoup plus importants aux températures décroissantes qu'aux températures croissantes. Le point de fusion se rapproche toujours beaucoup plus que le point de solidification de la température exacte du changement d'état.

4° *Influence des mélanges*. — Les corps gras naturels sont des mélanges ; leur température de changement d'état (cristallisation commençante ou

fusion finissante) doit dépendre de leur composition. Rien dans nos expériences ne confirme la supposition faite qu'à de très faibles changements de composition puissent correspondre des changements énormes du point de fusion. De la végétaline, maintenue pendant 8 jours à la température de 24°, c'est-à-dire à une température intermédiaire entre celle de solidification commençante et de solidification complète, fut comprimée pour expulser la partie liquide. Le résidu solide ainsi obtenu, bien loin encore, il est vrai, de constituer une combinaison définie à l'état de pureté, a présenté un point de changement d'état supérieur de 1° à 2° seulement à celui de la végétaline primitive dont les trois quarts de la masse cependant avaient été expulsés par la compression. Le déplacement de la température de cristallisation semblerait ainsi à première vue plus faible que dans les autres mélanges de corps usuels. Il n'y aurait donc là non plus aucune anomalie.

D'après l'ensemble de nos recherches, le changement d'état des corps gras est donc un phénomène rigoureusement réversible, comme cela a lieu avec tous les corps étudiés jusqu'ici. La température exacte de cette transformation peut sans difficulté être déterminée à moins de $\frac{1}{10}$ de degré près, au moyen d'expériences assez longues, il est vrai, à effectuer. Le point de fusion déterminé au cours d'expériences très rapides ne diffère généralement pas de 1° du point de changement d'état réversible, il s'en rapproche toujours beaucoup plus que le point de solidification.

Au cours de ces expériences nous n'avons remarqué aucun fait qui conduise à admettre l'intervention de plusieurs variétés polymorphiques; mais le cas peut se présenter. Le problème deviendrait alors très compliqué, car plusieurs variétés peuvent se trouver simultanément en présence du liquide, il n'y a plus d'équilibre possible, puisque le nombre des phases est supérieur à celui d'un système invariant. On ne peut pas alors trouver de température fixe avant que toutes les phases solides moins une aient disparu et le temps nécessaire doit être très long si l'on en juge par la lenteur de cristallisation d'une seule phase solide.

GÉOLOGIE. — *Le terrain éocène de Bos d'Arros.*
Note de MM. **Stuart Menteath** et **H. Douvillé.**

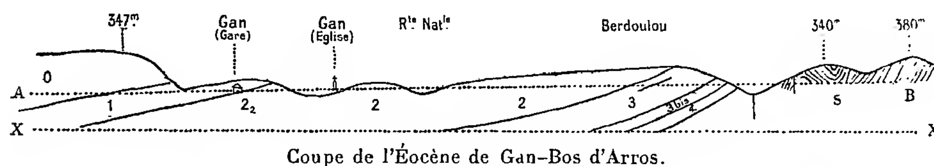
En 1848, Alexandre Rouault [1] faisait connaître une faune éocène très intéressante qui avait été recueillie par Lejeune aux environs de Bos

(1) *Bull. Soc. géol. de France*, 2e série, t. V, p. 204; Mémoires de la même Société, 2e série, t. III.

d'Arros, localité située à faible distance au sud de Pau. Mais aucune indication stratigraphique n'était donnée sur le gisement, l'auteur mentionnant seulement que les fossiles avaient été recueillis *dans une argile sableuse micacée*.

En 1881, une série assez nombreuse de fossiles provenant de cette localité et de la localité voisine de Gan, parvenait à l'École des Mines avec la collection Étallon, mais toujours sans indication précise des gisements. Ceux-ci paraissent aujourd'hui perdus; on savait seulement, d'après les renseignements communiqués en particulier par M. de Gramont, que les fossiles décrits avaient été recueillis directement au nord de Bos d'Arros, sur le bord du chemin qui se dirige à l'est du village de Gan; plusieurs points fossilifères sont indiqués dans cette zone sur la Carte géologique détaillée, dressée par M. Carez (feuille de Tarbes).

M. Stuart Menteath avait eu occasion de relever une coupe de la région en 1882, au moment de l'exécution du chemin de fer de Pau à Oloron; c'est cette coupe complétée par l'étude des fossiles qui avaient été recueillis à cette époque, qui fait l'objet de la présente Note; elle est reproduite ci-dessous. Elle est dirigée à peu près du Nord au Sud et passe dans le voisinage de la ligne du chemin de fer.



Coupe de l'Éocène de Gan-Bos d'Arros.

0. Poudingue de Palassou. — 1. Argiles sableuses jaunâtres et rougeâtres avec lumachelles d'Assilines. — 2. Marnes d'un gris bleuâtre, très fossilifères dans leur partie supérieure (2_2 *niveau de la faune de Bos d'Arros*), devenant schisteuses et assez dures vers la base. — 3. Argiles sableuses. — 3 *bis*. Sables jaunes et orangés, très micacés. — 4. Argiles sableuses avec, au milieu, trois minces bancs durs fossilifères (*Numm. Lucasi*, *N. bolcensis*, *Assilines*, *Alveolina oblonga*, etc.). — 5. Calcaire crétacé, blanc rosé.
AB, niveau de la voie ferrée; XX, niveau de la mer.

Les couches fossilifères plongent régulièrement vers le Nord et s'enfoncent sous le poudingue de Palassou; elles ont été entamées par le chemin de fer dans une série de tranchées, la première à la gare même de Gan, la seconde à l'ouest de ce village, puis deux autres à l'ouest du hameau de Berdoulou; la succession des couches est la suivante :

0. Poudingue de Palassou, formé de couches irrégulières de cailloux et de gros blocs ayant jusqu'à 1^m de diamètre, provenant principalement de roches éocènes, cré-

tacées et jurassiques. On distingue par places des intercalations d'argiles sableuses et de marnes. Épaisseur : environ 300^{m}.

1. Argiles sableuses jaunâtres et rougeâtres, alternant avec des couches presque entièrement formées d'Assilines. Ces couches, d'une épaisseur d'une centaine de mètres, constituent la plus grande partie de la tranchée de la gare de Gan. A la partie supérieure (1 *a*) on distingue des lumachelles d'*Assilina granulosa* et *A. Leymeriei*, associées à *Numm. atacicus* et *Orthophragmina Pratti;* vers le bas, un niveau coloré en rouge par l'oxyde de fer a fourni avec les Assilines précédentes de nombreuses petites Nummulites mégasphériques, *Numm. atacicus*, forme A, *N. Lucasi*, forme A.

2. Marnes sableuses d'un gris bleuâtre, très fossilifères dans les premiers 50^{m}, et devenant ensuite schisteuses et assez dures. C'est cette partie supérieure qui renferme la faune décrite par Al. Rouault; elle affleure à la base de la tranchée de la gare de Gan, vers le Sud. Elle a fourni *Serpula spirulea*, *Murex spinulosus*, *Fusus rugosus*, *Pleurotoma*, *Voluta ambigua*, *Ancillaria spissa*, *Natica*, *Dentalium*, *Cardita asperula*, *Crassatella*, *Teredo*, *Nucula submargaritacea* et un grand nombre de Foraminifères : *Numm. Murchisoni*, *N. atacicus*, *N. Lucasi* (très rare), *Assilina granulosa*, *A. Leymeriei*, *Orthophragmina Archiaci*, *O. Pratti.* Il faut ajouter, d'après d'autres récoltes, *Numm. irregularis* (de petite taille), *N. distans*, var. *depressa*, *N. mamillaris*, etc.

La partie inférieure de l'assise affleure dans les tranchées suivantes, et son épaisseur totale est évaluée à 450^{m} environ.

3. Argiles sableuses avec un banc dur pétri de fossiles : *Cardita asperula*, *Nummulites bolcensis*, *Assilina granulosa*, *Orth. Pratti.* Vers la base on distingue une couche de sables jaunes et orangés (3 *bis*), très micacés avec grumeaux d'argile plastique. L'épaisseur totale est d'environ 150^{m}.

4. Argiles sableuses avec, vers le milieu, trois minces bandes dures fossilifères et, au-dessous, une couche de 1^{cm} d'épaisseur de lignite feuilleté passant au jayet; ce sont les couches les plus basses qui aient pu être observées, et leur épaisseur est d'une cinquantaine de mètres. Les fossiles y ont été recueillis à quatre niveaux successifs.

4 *a. Cistella*, *Cidaris* (test et baguettes), *Numm. bolcensis*, *N. atacicus*, *N. Lucasi*, *Assilina granulosa*, *Orth. Pratti.*

4 *b.* Même faune avec quelques Polypiers (*Astræa contorta*).

4 *c.* Pattes de crabe, *Cistella*, *Cidaris* (baguettes), débris de Spatangues, Polypiers (*Flabellum*), *Numm. Murchisoni*, *N. atacicus* et variétés granuleuses, *N. Lucasi* (abondant), *Assilina granulosa*, *A. Leymeriei*, *Orth. Pratti*, *Alveolina oblonga* (variété se rapprochant de l'*A. depressa* du Vicentin).

4 *d. Cistella*, *Cidaris*, *Numm. atacicus*, *N. Lucasi*, *N. bolcensis*, *N. globulus*, *N. mamillaris*, *Assilina præspira*, *Orth. Pratti*, *O. scalaris*, *Alv. oblonga.*

Les faunes de ces différentes assises sont à peu près identiques, et la pré-

sence des Assilines montre qu'elles doivent encore être attribuées au Lutétien; elles en représenteraient la partie la plus inférieure. La présence dans ces couches de *Numm. bolcensis*, bien caractérisée, est particulièrement intéressante; cette espèce n'avait encore été signalée que dans le Vicentin et elle avait été attribuée à l'Yprésien supérieur; elle est ici certainement d'un âge un peu plus récent. Il faut signaler également l'abondance dans l'assise 4 *c* de *N. Lucasi*, espèce établie par Al. Rouault sur un seul échantillon, et qui avait été mal interprétée par de La Harpe et la plupart des auteurs; sa véritable signification lui a été récemment restituée par M. Boussac, d'après des échantillons retrouvés à l'École des Mines dans la collection Étallon, mais qui ne sont pas absolument identiques au type.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur la stabilité de l'équilibre thermique.* Note de M. **Pierre Duhem**.

La théorie de la conductibilité de la chaleur conduit aux propositions suivantes :

Sur un système maintenu dans une enceinte de température uniforme et fixe $\mathfrak{S}_0$, l'équilibre ne peut être établi que si la température $\mathfrak{S}$ a, en tout point, la valeur $\mathfrak{S}_0$.

Si l'état, abstraction faite des températures, est maintenu invariable, cet équilibre est stable.

Nous avons entrepris de rendre les théorèmes généraux de la Thermodynamique indépendants de la théorie de la conductibilité, en les fondant directement sur le postulat qu'invoque cette théorie même. Il importe donc, pour achever notre tâche, de retrouver de la sorte les propositions précédentes. La première, d'ailleurs, est, pour ainsi dire, impliquée dans le postulat en question; la seconde seule mérite donc d'arrêter notre attention.

Or les inégalités que nous avons justifiées dans une Note précédente [1] redonnent sans peine le théorème de Gouy :

Un système, enfermé dans une enceinte de température uniforme et fixe $\mathfrak{S}_0$, est assurément en équilibre stable dans un état qui rend minimum la quantité

$$\mathfrak{G} = \mathfrak{U} - F(\mathfrak{S}_0)\mathfrak{S},$$

[1] *Comptes rendus*, t. 156, 10 février 1913, p. 421.

$\mathfrak{U}$, $\mathfrak{S}$ sont l'énergie interne et l'entropie du système et $F(\mathfrak{I})$ la température absolue.

Si l'état du système, abstraction faite des températures, est invariable, et si l'on impose à la température $\mathfrak{I}$, en chaque point, à partir de la valeur uniforme $\mathfrak{I}_0$, une variation infiniment petite arbitraire $\delta\mathfrak{I}$, on trouve sans peine que l'on a

$$(1) \qquad \delta\mathfrak{G} = 0, \qquad \delta^2\mathfrak{G} > 0.$$

Mais cela ne suffit pas à justifier pleinement la proposition que nous avons en vue. Selon les définitions et remarques données en notre *Traité d'Énergétique* (t. II, p. 311), la proposition de M. Gouy assure seulement la *stabilité* de l'équilibre *au second sens du mot*, et cela, à condition que $\mathfrak{G}$ soit *minimum au second sens du mot;* or les conditions (1) assurent seulement que $\mathfrak{G}$ est *minimum au premier sens du mot*.

En l'état considéré, $\mathfrak{G}$ est sûrement *minimum au second sens du mot* s'il est *minimum absolu*. Or c'est ce qui a lieu. Si $\mathfrak{G}_0$ est la valeur de cette quantité lorsque la température est uniformément $\mathfrak{I}_0$, et $\mathfrak{G}$ sa valeur dans un autre état quelconque, on a

$$\mathfrak{G} - \mathfrak{G}_0 = \int\int_{\mathfrak{I}_0}^{\mathfrak{I}} \frac{F(\mathfrak{I}) - F(\mathfrak{I}_0)}{F(\mathfrak{I})} \gamma \, d\mathfrak{I} \, dm,$$

où dm est une masse élémentaire quelconque du système et γ sa chaleur spécifique normale; celle-ci étant toujours positive, par le postulat de Helmholtz, il en est de même de la différence $\mathfrak{G} - \mathfrak{G}_0$.

On peut démontrer de même que la distribution uniforme $\mathfrak{I}_0$ de la température assure un équilibre stable *au second sens du mot* si le système est maintenu dans une enceinte imperméable à la chaleur.

Soient, en effet, $\mathfrak{U}_0$, $\mathfrak{S}_0$ les valeurs de l'énergie interne et de l'entropie lorsque la température a la distribution uniforme $\mathfrak{I}_0$, $\mathfrak{U}$, $\mathfrak{S}$ leurs valeurs dans un autre état quelconque. La proposition énoncée sera démontrée si l'on prouve que $(\mathfrak{U} - \mathfrak{U}_0)$ est certainement positif toutes les fois que $(\mathfrak{S} - \mathfrak{S}_0)$ est nul.

Or cette proposition résulte de celle qui vient d'être démontrée, puisque nous avons prouvé que

$$\mathfrak{U} - \mathfrak{U}_0 - F(\mathfrak{I}_0)(\mathfrak{S} - \mathfrak{S}_0)$$

était toujours positif.

Ce que la théorie de la conductibilité de la chaleur enseigne au sujet de la stabilité de l'équilibre thermique peut donc être également obtenu sans recourir à cette théorie.

GÉOLOGIE. — *Analyse détaillée des dislocations du Briançonnais oriental.* Note (¹) de MM. W. Kilian et Ch. Pussenot.

Lorsqu'on étudie la structure des montagnes qui constituent le Briançonnais oriental, on constate que la succession des accidents tectoniques est la suivante à l'est de la Guisane.

A. Entre le synclinal de Notre-Dame-des-Neiges (massif de Prorel) (à l'ouest duquel les plis forment une série d'*écailles* déversées vers la France qui ont fait, de la part de M. Termier, entre Vallouise et Briançon, l'objet d'une monographie aujourd'hui classique) et la frontière italienne, on rencontre un ensemble de plis et d'écailles *isoclinales*, nettement déversés vers l'Italie malgré la présence de quelques éléments droits ou *hésitants*, comme le synclinal du Grand-Aréa ou la montagne de Pécé. Ce sont, en allant de l'Ouest à l'Est :

1. Les *plis du terrain houiller* de la vallée de la Guisane, qui sont tous deversés vers l'Est, et dont quelques-uns se réduisent localement sous le massif de la Croix-de-Bretagne (Pont Baldy, batterie de la Roche-Noire), à des *écailles* imbriquées légèrement déjetées dans la direction précédente. C'est à l'un de ces plis que correspond le *synclinal du Grand-Aréa.*

2. L'*anticlinal du signal de Saint-Chaffrey* qui s'étend, au Nord, jusqu'au Thabor par la Crête de Peyrole, la Roche-Gautié, la Chirouze et, au Sud, jusque dans le massif de la Grande-Maye par la Croix-de-Toulouse, à l'ouest du fort des Sallettes et le Pont Baldy.

3. Le *synclinal de la Croix-de-Toulouse* juxtaposé au précédent dans toute son étendue; le mont Thabor et le pic du Cheval-Blanc en font partie. Près de Briançon (fort du Château), il est accidenté d'un système de *failles* qui en a isolé et abaissé la charnière complexe, accidentée d'un bombement anticlinal secondaire, dans une sorte de fosse transversale.

4. L'*anticlinal de Malafosse*, qui prend naissance dans le cirque du Clot-de-la-Ramette, près des Chalets-du-Granon, passe à mi-hauteur des escarpements du ravin de Malafosse, par le bas du hameau de Fonteuil, à l'Est de Fort-Dauphin, de la redoute du Point-du-Jour, et traverse la Cerveyrette pour s'effacer dans la Grande-Maye. Il présente entre la Cerveyrette et le Point-du Jour un curieux étirement qui a isolé la charnière de la racine.

(¹) Reçue dans la séance du 17 février 1913.

5. Le *synclinal de Malafosse* a, comme le pli précédent, son origine au bombement de l'Enclon, et s'étend de là au col de la Roya en passant par le ravin de Malafosse, le milieu du village de Fonteuil, la Seytte et les Maisons-Crénelées, près desquelles il traverse la Cerveyrette.

6. L'*anticlinal de Fonteuil*, qui commence à s'individualiser vers le milieu de l'Enclon et se continue vers le Sud par le bas du ravin de Malafosse, l'est de Fonteuil, l'Infernet et le Rocher-Signalé.

7. Le *synclinal de Fonteuil* (isoclinal), part également de l'Enclon et se poursuit vers le Sud par l'entrée du ravin de Malafosse, où il traverse la Durance, par l'est du Fort de l'Infernet, par l'ouest de Goudinart, et va former la base des escarpements du Rocher-Signalé.

Tout cet ensemble constitue une *masse complexe imbriquée*, déversée vers l'Est, dans laquelle des bandes de malm et de schistes, parfois laminées et *trouées* jusqu'à la disparition complète, indiquent la trace des synclinaux. Cette masse se continue sur la rive gauche de la Durance et traverse la Cerveyrette pour y gagner, par la Grande-Maye, le Queyras et la Haute-Ubaye. *Les grands traits en ont été indiqués par l'un de nous* (*W. Kilian*) *sur la feuille de Briançon* de la Carte géologique détaillée, mais on y observe une foule de complications de détails et des étirements ou trouées qui ont fait disparaître localement certaines assises.

B. A l'Est de l'ensemble précédent, on voit se succéder :

8. L'*anticlinal de Granon*, dans lequel un bombement local fait apparaître les grès houillers et qui se continue, par les cargneules du Col des Thures, vers le massif des Rois-Mages (Italie) et, au Sud, vers la Cochette et l'est de Terre-Rouge.

9. Le *synclinal de Val-des-Prés* (*avec masses intrusives de roches vertes*) qui se poursuit au Nord par Plampinet et l'Aiguille-Rouge, au Sud par la Cochette et la Lauzette, sur la rive gauche de la Cerveyrette. Il forme une partie du Goudran et y *encapuchonne* la charnière couchée vers l'Est de l'anticlinal suivant.

10. L'*anticlinal de Pécé* ou *du Janus* constitue le sommet de Guion et la montagne de Pécé, et se poursuit au Nord dans le massif des Trois-Mages (Punta Gasparre) vers le col de la Roue. Il est droit ou faiblement déversé dans sa partie nord, et localement accidenté de failles sur son flanc ouest (Pécé), puis *il se couche* vers l'Ouest (Janus, Goudran, Lasseron, Rochebrune).

Entre le Janus et le Lasseron, on remarque un abaissement d'axe, grâce auquel sa charnière (toujours couchée vers l'Est) est restée encapuchonnée d'une enveloppe de schistes lustrés.

11. Le *synclinal du Grand-Charvet* ou *de Cervières* (avec replis secondaires à l'Alpet et à Dormillouse) apparaît à Cervières sous la charnière couchée du pli précédent par une *fenêtre* (Batterie du Bois-des-Bancs) très remarquable.

12. L'*anticlinal du Chaberton*, dans l'axe duquel est creusé le vallon du Rio-Secco (avec ses quartzites et ses roches vertes) et dont les flancs ouest et est sont constitués par l'arête de Serre-Thibaut et le sommet du Chaberton. Ce pli se continue au Nord par le col des Trois-Frères-Mineurs et les assises redressées de Malapa et du Rocher-des-Prés. Au Sud-Ouest, il se poursuit bien au delà de la Piccola Dora après avoir subi un abaissement d'axe. Il est représenté à l'ouest des Acles, au col de la Chaux-d'Acles, par une bande anticlinale de cargneules, qui représente sa racine, séparée de sa charnière par une fenêtre de schistes lustrés (col des Acles).

13. Le *synclinal du Chaberton*, bien net à Clavières, et s'étendant par le flanc est du Chaberton au Clos des Morts, puis à la pointe des Trois-Scies, y compris les Grands-Becs, et, avec une élévation de son axe, à la Pointe du Cloutzeau. Il s'atténue plus au Nord, où il est enlevé par l'érosion et où il ne constitue plus qu'une simple ondulation (les anticlinaux 12 et 14 se *confondent ici, en effet, en une seule charnière couchée vers l'Est*); au Sud-Est, il s'ouvre et contient la masse éruptive du Chenaillet.

14. L'*anticlinal de Césanne*, bombement calcaire triasique entre Césanne et le Chaberton, se poursuivant au Nord *en se couchant vers l'Est* par le flanc est des Grands-Becs, les Rochers de Malapa et des Prés, la Pointe du Cloutzeau, le sommet de Bonvoisin, la Pointe Charra et l'anticlinal des Acles. Au Sud, cet anticlinal passe entre la frontière et Bousson.

15. Une *masse synclinale* de schistes lustrés, située entièrement sur le territoire italien et rejoignant au Pas-de-la-Mulatière la *fenêtre* du col des Acles, qui le fait apparaître entre la racine de l'anticlinal 12-14 et la charnière du même pli.

Des accidents que nous venons d'énumérer et qui ont été signalés en partie par l'un de nous [1], ont été suivis et étudiés dans leurs connexions

[1] CH. PUSSENOT, *Bull. Serv. Carte géol.; Comptes rendus des Collab. pour* 1910 *et* 1911, t. XX et XXI.

dans une excursion commune; ils se présentent avec la plus grande netteté et ne se prêtent à aucune autre interprétation, leur continuité est remarquablement visible sur le terrain et n'a rien d'hypothétique.

M. Gustav Retzius fait hommage à l'Académie du Tome XVII (*Neue Folge*) de ses *Biologische Untersuchungen*.

COMMISSIONS.

(Voir p. 648.)

CORRESPONDANCE.

M. G. Lemoine fait hommage à l'Académie, de la part de M. *Colin*, d'une lettre autographe de Berzelius à M. Jullien, relative à un projet de nomenclature chimique.

M. P. Vuillemin, élu Correspondant pour la Section de Botanique, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts adresse ampliation du Décret qui autorise l'Académie à accepter le legs universel qui lui a été fait par M. *Bonnet* (*Léon-Clovis*).

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Beiträge zur Geschichte der niedersächsischen Familie* Roscher. (Transmis par M. le Ministre des Colonies.)

2° Le Volume XV (seconde série) du *Journal of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, publié en commémoration du Centenaire de la fondation de cette Académie.

3° *Traité de la couleur au point de vue physique, physiologique et esthétique*, par M. A. Rosenstiehl. (Présenté par M. Lippmann.)

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les configurations de Laplace.* Note de M. E. **Bompiani**.

1. J'indiquerai ici comment on peut retrouver, par une voie purement géométrique, certains résultats de M. Darboux sur l'équation

$$\frac{\partial^2 x}{\partial \rho_1 \partial \rho_2} + a \frac{\partial x}{\partial \rho_1} + b \frac{\partial x}{\partial \rho_2} + cx = 0, \tag{1}$$

résultats sur lesquels M. Tzitzéica a rappelé récemment l'attention [1]; je me servirai des considérations dont j'ai fait usage dans mon Mémoire *Sull' equazione di Laplace* [2].

2. Pour ne pas avoir à m'interrompre par la suite, je rappellerai d'abord une propriété des coordonnées homogènes d'espaces.

Soient les $\nu + 1$ points $A^0, A^1, \ldots, A^\nu$ définissant un espace linéaire S_ν (à ν dimensions) contenu dans un espace S_n. Les déterminants d'ordre $\nu + 1$ extraits de la matrice

$$\begin{Vmatrix} A_1^0 & A_2^0 & \ldots & A_{n+1}^0 \\ A_1^1 & A_2^1 & \ldots & A_{n+1}^1 \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ A_1^\nu & A_2^\nu & \ldots & A_{n+1}^\nu \end{Vmatrix}$$

formée avec les coordonnées projectives homogènes des A sont dits *coordonnées homogènes* (surabondantes) de S_ν. On peut noter $p_{1,2,\ldots,\nu,\nu+1}$ le déterminant formé avec les $\nu + 1$ premières colonnes de la matrice, et de même les autres. Il est facile de voir la signification des p ayant ν indices communs, par exemple $1, 2, \ldots, \nu$: ils sont les coordonnées projectives homogènes du point où S_ν rencontre l'espace $S_{n-\nu}$ d'équations

$$x_1 = x_2 = \ldots = x_\nu = 0.$$

3. Nommons Φ une surface décrite par un point dont les $n + 1$ coordonnées projectives homogènes sont des solutions de l'équation (1) et soit

$$\ldots, \quad \Phi_{-h}, \quad \ldots, \quad \Phi, \quad \ldots, \quad \Phi_k, \quad \ldots$$

la suite de Laplace relative à Φ.

---

[1] *Sur les réseaux dérivés* (*Comptes rendus*, 3 février 1913, p. 314).
[2] *Circ. matem. di Palermo*, t. XXXIV, 1912.

Je rappelle un résultat de mon Mémoire auquel on arrive par des considérations très simples (n° 3) :

Les S_k ($k < n$) osculateurs aux courbes ρ_2 de Φ (c'est-à-dire aux courbes sur lesquelles ρ_2 varie seul) en tous les points d'une courbe ρ_1 sont osculateurs à une courbe ρ_1 de la surface Φ_k, qu'on déduit de Φ en lui appliquant k fois la transformation de Laplace (dans un sens convenable).

Soit S_{k+h} l'espace défini en un point arbitraire de Φ par les S_k et S_h osculateurs en ce point respectivement aux courbes ρ_2 et ρ_1. Il contient $(h+1)$ S_k osculateurs à des courbes ρ_2 en des points infiniment voisins situés sur une courbe ρ_1 (de Φ) : donc, d'après l'observation précédente, il est osculateur à une courbe ρ_1 de Φ_k. On peut voir de même qu'il est osculateur à une ρ_2 de Φ_{-h} (¹). Enfin :

Les S_{k+h} ainsi construits en tous les points d'une courbe ρ_1 (ou ρ_2) de Φ sont osculateurs à une même courbe ρ_1 (ou ρ_2) de Φ_k (ou de Φ_{-h}).

Donc, les $\infty^2 S_{k+h}$ peuvent s'assembler, de deux manières distinctes, comme espaces osculateurs à ∞^1 courbes.

Considérons l'espace S_{k+h+1} réunissant les espaces S_{k+h} construits en deux points voisins d'une courbe ρ_1 (²). On peut raisonner sur lui comme sur S_{k+h} et démontrer que :

Les $\infty^2 S_{k+h+1}$ ainsi définis pour tous les points de Φ peuvent s'assembler de deux manières distinctes comme espaces osculateurs à ∞^1 courbes.

Nous dirons qu'une telle configuration de $\infty^2 S_{k+h}$ est une *configuration de Laplace.*

La raison de cette dénomination est la suivante :

En coupant une configuration de Laplace (de S_{k+h} dans un S_n) par un S_{n-k-h} on obtient une surface avec un réseau conjugué, c'est-à-dire intégrale d'une équation de Laplace du type (1).

4. Traduisons analytiquement ces résultats. L'espace S_{k+h} dont nous avons parlé est individualisé par les points

$$x, \quad \frac{\partial x}{\partial \rho_2}, \quad \ldots, \quad \frac{\partial^k x}{\partial \rho_2^k}, \quad \frac{\partial x}{\partial \rho_1}, \quad \ldots, \quad \frac{\partial^h x}{\partial \rho_1^h},$$

(¹) Si les courbes ρ_2 de Φ appartiennent à des S_μ il faut supposer $\mu > k$.

(²) On peut aussi envisager les $\infty^2 S_{k+h+1}$ obtenus en remplaçant ρ_1 par ρ_2 et les assembler d'une manière analogue à celle qui suit.

c'est-à-dire que ses coordonnées homogènes s'extraient de la matrice ($n > k + h = \nu$):

$$\left\| \begin{matrix} x_1 & \cdots & x_\nu & x_{\nu+1} & \cdots & x_{n+1} \\ \frac{\partial x_1}{\partial \rho_2} & \cdots & \frac{\partial x_\nu}{\partial \rho_2} & \frac{\partial x_{\nu+1}}{\partial \rho_2} & \cdots & \frac{\partial x_{n+1}}{\partial \rho_2} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \frac{\partial^k x_1}{\partial \rho_2^k} & \cdots & \frac{\partial^k x_\nu}{\partial \varphi_2^k} & \frac{\partial^k x_{\nu+1}}{\partial \rho^2} & \cdots & \frac{\partial^k x_{n+1}}{\partial \rho_2^k} \\ \frac{\partial x_1}{\partial \rho_1} & \cdots & \frac{\partial x_\nu}{\partial \rho_1} & \frac{\partial x_{\nu+1}}{\partial \rho_1} & \cdots & \frac{\partial x_{n+1}}{\partial \rho_1} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \frac{\partial^h x_1}{\partial \rho_1^h} & \cdots & \frac{\partial^h x_\nu}{\partial \rho_1^h} & \frac{\partial^h x_{\nu+1}}{\partial \rho_1^h} & \cdots & \frac{\partial^h x_{n+1}}{\partial \rho_1^h} \end{matrix} \right\|.$$

Les $p_{1,2,\ldots,\nu,i}$ ($i = \nu + 1, \ldots, n + 1$) sont (n° 2) les coordonnées projectives homogènes du point d'intersection du $S_{k+h} \equiv S_\nu$ considéré avec l'espace $S_{n-\nu}$ d'équations $x_1 = x_2 = \ldots = x_\nu = 0$.

Ce point décrit, comme nous l'avons vu ailleurs, une surface avec un réseau conjugué, c'est-à-dire que :

Les $p_{1,2,\ldots,\nu,i}$ ($i = \nu + 1, \ldots, n + 1$) sont solutions d'une même équation de Laplace qui a ρ_1, ρ_2 pour variables caractéristiques.

Les p coïncident, aux notations près, avec les expressions (m, n) de M. Darboux : nous avons ainsi établi le résultat que nous avions en vue.

Si $n - \nu \geqq 3$ et si l'on projette de l'espace $S_{\nu-1}$ ($x_{\nu+1} = \ldots = x_{n+1} = 0$) le réseau conjugué de Φ (de S_n) sur l'espace $S_{n-\nu}$, on obtient un réseau pour lequel les réseaux définis par le théorème précédent sont les *réseaux dérivés* de M. Tzitzéica : leurs propriétés sont contenues dans nos observations (n° 3).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Propriétés nouvelles des caractéristiques des équations partielles linéaires du premier ordre en deux variables.* Note de M. **Gustave Sannia.**

« Le rapport anharmonique des plans tangents de quatre surfaces d'une congruence de courbes, qui passent par une même courbe de la congruence, est constant tout le long de cette courbe. »

Nous allons voir que ce beau théorème de M. Darboux [1] est un cas particulier d'un théorème très général qui, à son tour, n'est qu'une interprétation géométrique d'une remarquable propriété des caractéristiques des équations linéaires aux dérivées partielles du premier ordre en deux variables.

Soit

$$(1)\qquad F(x, y, z, p_{10}, p_{01}) \equiv P(x, y, z)p_{10} + Q(x, y, z)p_{01} - R(x, y, z) = 0$$

une telle équation, où

$$(2)\qquad p_{ik} = \frac{\partial^{i+k}}{\partial x^i \partial y^k} \quad (i + k = 1, 2, 3, \ldots).$$

Ses *caractéristiques* C_0 (d'ordre zéro) sont définies par le système

$$(3)\qquad \frac{dx}{P} = \frac{dy}{Q} = \frac{dz}{R}.$$

Soient

$$(4)\qquad y = y(x), \qquad z = z(x)$$

les équations d'une caractéristique C_0 déterminée. Pour toute intégrale $z = z(x, y)$ de (1), qui contient C_0, les fonctions (2) sont des fonctions de la variable x seulement le long de C_0. On peut les calculer de proche en proche, moyennant les équations

$$(5)\qquad dz = p_{10}\,dx + p_{01}\,dy, \qquad dp_{ik} = p_{i+1,k}\,dx + p_{i,k+1}\,dy \qquad (i + k = 1, 2, \ldots)$$

et

$$F = 0, \qquad \frac{\partial F}{\partial y} = 0, \qquad \frac{\partial^2 F}{\partial y^2} = 0, \qquad \ldots,$$

où $\frac{\partial^r F}{\partial y^r}$ est la dérivée d'ordre r de F par rapport à y, lorsqu'on y considère z, p_{10}, p_{01} comme des fonctions de x et de y.

En exécutant les calculs, on trouve des équations de la forme

$$(6)\qquad \frac{dp_{01}}{dx} = a_1 p_{01}^2 + b_1 p_{01} + c_1,$$

$$(6')\qquad p_{10} = e_{01} p_{01} + f_{01},$$

$$(7)\qquad \frac{dp_{0,m}}{dx} = b_m p_{0,m} + c_m,$$

$$(7')\qquad p_{i,m-1} = e_{i,m} p_{0,m} + f_{i,m}$$

$$(i = 1, 2, \ldots, m;\ m = 2, 3, \ldots).$$

[1] *Leçons sur la théorie générale des surfaces*, t. II, p. 3.

où les coefficients $a_1, b_1, c_1, e_{01}, f_{01}$ sont des fonctions connues de x le long de C_0 et $b_m, c_m, e_{i,m}, f_{i,m}$ sont des fonctions connues de x et des $p_{i,k}$ $(i+k=1, 2, \ldots, m-1)$.

On en déduit que : $C_0(4)$ est contenue dans une infinité de caractéristiques C_1 *du premier ordre* $y(x)$, $z(x)$, $p_{10}(x)$, $p_{01}(x)$, qui dépendent d'une constante arbitraire; chaque C_1 dans une infinité de caractéristiques C_2 *du second ordre* $y(x), \ldots, p_{01}(x), p_{20}(x), p_{11}(x), p_{02}(x)$, qui dépendent d'une constante arbitraire; et ainsi de suite.

Considérons une caractéristique fixe C_{m-1} d'ordre $m-1 \geqq 0$

$$(8) \qquad y(x), \quad z(x), \quad p_{ik}(x) \qquad (i+k=1, 2, \ldots, m-1),$$

et quatre caractéristiques C_m, C'_m, C''_m, C'''_m d'ordre m qui la contiennent. Ces caractéristiques seront déterminées par le système de fonctions (8) et respectivement par des nouvelles fonctions de x

$$p_{i,m-i}(x), \quad p'_{i,m-i}(x), \quad p''_{i,m-i}(x), \quad p'''_{i,m-i}(x) \qquad (i=0, 1, \ldots, m),$$

solutions particulières du système (6), (6'), si $m=1$, ou du système (7), (7'), si $m>1$.

La linéarité des équations (6') et (7') nous apprend que les rapports anharmoniques

$$[p_{i,m-i}(x), p'_{i,m-i}(x), p''_{i,m-i}(x), p'''_{i,m-i}(x)] \qquad (i=0, 1, \ldots, m)$$

sont tous égaux à une même fonction $R(x)$ de x. Il est tout à fait naturel d'appeler $R(x_0)$ *le rapport anharmonique des éléments d'ordre m des caractéristiques* $C_m, \ldots, C'''_m$ *au point* $x=x_0$ et la fonction $R(x)$ *le rapport anharmonique des caractéristiques* $C_m, \ldots, C'''_m$. En particulier

$$R(x)=[p_{0,m}(x), p'_{0,m}(x), p''_{0,m}(x), p'''_{0,m}(x)];$$

mais $p_{0,m}(x), \ldots, p'''_{0,m}(x)$ sont quatre solutions particulières d'une même équation de Riccati (6), si $m=1$, ou d'une même équation linéaire (7), si $m>1$; donc $R(x)$ est une constante [1].

Nous avons démontré que :

a. Le rapport anharmonique de quatre caractéristiques d'ordre $m \geqq 1$ *de l'équation* (1), *qui contiennent une même caractéristique d'ordre* $m-1$, *est constant.*

---

[1] On peut même démontrer que *cette constante est invariante pour tout changement des variables* x, y, z.

Maintenant, si x, y, z sont les coordonnées d'un point de l'espace, les caractéristiques C_0 de l'équation (1) déterminent une *congruence de courbes* γ et les intégrales déterminent les *surfaces* S de la congruence (lieux de courbes γ); les éléments d'ordre $r > 0$ d'une surface S le long d'une courbe γ forment une caractéristique C_r d'ordre r de l'équation, ayant la courbe γ par support.

On peut donc donner au théorème a la forme géométrique suivante :

b. Si quatre surfaces d'une congruence de courbes ont un contact d'ordre $m - 1 \geqq 0$ *le long d'une courbe de la congruence, le rapport anharmonique des éléments d'ordre* m *des quatre surfaces est constant tout le long de cette courbe.*

En supposant $m = 1$, on retrouve le théorème de M. Darboux.

Le théorème b peut s'étendre à des systèmes de courbes et de surfaces bien plus compliqués que les congruences.

L'équation (1) a des caractéristiques *d'ordre zéro* (courbes) qui dépendent de *deux constantes arbitraires*, et chacune de ses surfaces intégrales est un lieu *tout à fait arbitraire* de ces caractéristiques. Mais tout cela tient à la forme très particulière de l'équation.

En effet, pour une équation générale d'ordre n

$$F(x, y, z, p_{10}, p_{01}, \ldots, p_{n0}, p_{n-1,0}, \ldots, p_{0n}) = 0, \tag{9}$$

l'ordre le plus bas des caractéristiques est n; ces caractéristiques dépendent de *cinq constantes arbitraires* (si $n = 1$) ou d'une *fonction arbitraire* (si $n > 1$); toute surface intégrale S est bien un lieu de courbes γ, supports des caractéristiques, *mais convenablement choisi.*

Pour ces nouveaux systèmes de courbes γ *et de surfaces* S, *le théorème b subsiste, pourvu que* $m - 1 \geqq n$.

Car *le théorème a subsiste aussi pour l'équation générale* (9), *pourvu que* $m - 1 \geqq n$. Cela découle immédiatement des résultats que j'ai donnés dans une Note précédente [1].

---

(1) *Comptes rendus*, t. 155, n° 15, p. 636. [Page 637, ligne 9, *au lieu de* deux, *lire* trois. — Voir aussi *Errata* dans le n° 18, p. 866, et dans le n° 24, p. 1176.]

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le théorème d'indépendance de Hilbert.* Note [1] de M. **Th. De Donder**, présentée par M. Appell.

I. *Premier lemme.* — Considérons le système différentiel

$$(1)\qquad \frac{dy_i}{y_i^{(1)}} = \frac{dy_i^{(1)}}{y_i^{(2)}} = \ldots = \frac{dy_i^{(\alpha)}}{\eta_i(t, y, y^{(1)} \ldots y^{(\alpha)})} = dt \qquad (i = 1, \ldots, n),$$

équivalant à n équations différentielles d'ordre $(\alpha + 1)$. En utilisant une notation de Lie, ce système pourra s'écrire

$$(2)\qquad \eta f \equiv \frac{\partial f}{\partial t} + \sum_1^n {}_i \left(\frac{\partial f}{\partial y_i} y_i^{(1)} + \ldots + \frac{\partial f}{\partial y_i^{(\alpha)}} \eta_i \right).$$

Supposons que l'on connaisse n fonctions $\overline{y_1^{(1)}}, \ldots, \overline{y_n^{(1)}}$ de $y_1, \ldots, y_n$ et t, qui satisfassent aux équations (1); considérons maintenant le système

$$(3)\qquad \frac{dy_i}{\overline{y_i^{(1)}}} = dt \qquad (i = 1, \ldots, n),$$

qu'on pourra aussi écrire

$$(4)\qquad \bar\eta \bar f \equiv \frac{\partial \bar f}{\partial t} + \sum_1^n {}_i \frac{\partial \bar f}{\partial y} \overline{y_i^{(1)}}.$$

Soit J une forme intégrale p-uple, telle qu'on ait

$$(5)\qquad \eta \mathrm{J} = \mathrm{K},$$

où K est aussi une forme intégrale p-uple; *on démontrera* aisément *qu'on a*

$$(6)\qquad \bar\eta \bar{\mathrm{J}} = \overline{\mathrm{K}};$$

les tirets horizontaux indiquent qu'on a remplacé les $y_i^{(1)}, \ldots, y_i^{(\alpha)}$ $(i = 1, \ldots, n)$ par les fonctions considérées ci-dessus de $y_1, \ldots, y_n$ et t, et par celles qu'on en dérive : par exemple

$$\overline{y_i^{(2)}} \equiv \frac{\partial \overline{y_i^{(1)}}}{\partial t} + \sum_1^n {}_\lambda \frac{\partial \overline{y_i^{(1)}}}{\partial y_\lambda} \overline{y_\lambda^{(1)}}.$$

---

[1] Présentée dans la séance du 17 février 1913.

Deuxième lemme. — Considérons le système différentiel

$$\frac{dy_i}{Y_i(t, y)} = dt \qquad (i = 1, \ldots, n) \tag{7}$$

et un invariant intégral 1-uple

$$\sum_1^n {}_i N_i \, \delta y_i, \tag{8}$$

où $N_1, \ldots, N_n$ sont des fonctions de $y_1, \ldots, y_n$ et t; on a, par hypothèse, en vertu des équations (7),

$$\frac{d}{dt} \sum_1^n {}_i N_i \, \delta y_i \equiv \delta W; \tag{9}$$

t étant la variable indépendante, on pose $\delta t \equiv 0$.

La théorie des invariants apprend que (¹)

$$\sum_1^n {}_i N_i \begin{vmatrix} \delta y_i & \delta t \\ Y_i & 1 \end{vmatrix} + W \, \delta t \tag{10}$$

est un invariant intégral 1-uple du système

$$\frac{dy_i}{Y_i(t, y)} = \frac{dt}{1} = d\tau \qquad (i = 1, \ldots, n). \tag{11}$$

τ étant la variable indépendante, on pose $\delta\tau \equiv 0$ et $\delta t \neq 0$.

On peut énoncer le lemme suivant : *Pour que la forme* (10) *soit une différentielle exacte*, il faut et *il suffit que la forme* (8) *soit une différentielle exacte*. Dans la première différentielle on a $\delta t \neq 0$, dans la seconde on a $\delta t \equiv 0$.

II. *Extension du théorème d'indépendance de Hilbert* (²). — Pour fixer les idées, considérons l'invariant intégral relatif (³) 1-uple

$$J \equiv \sum_1^n {}_i \left(\frac{\partial F}{\partial y_i^{(1)}} - \frac{d}{dt} \frac{\partial F}{\partial y_i^{(2)}} \right) \delta y_i + \sum {}_i \frac{\partial F}{\partial y_i^{(2)}} \delta y_i^{(1)} \equiv \sum_1^n {}_i \left(M_i \, \delta y_i + Q_i \, \delta y_i^{(1)} \right) \tag{12}$$

(¹) Th. De Donder, *Bulletin de l'Académie royale de Belgique : Classe des sciences*, février 1911 (voir spécialement les Chapitres I et VI).

(²) O. Bolza, *Rendiconti del Circolo matematico di Palermo*, t. XXXI, 1er semestre 1911.

(³) Th. De Donder, *Rendiconti del Circolo matematico di Palermo*, t. XVI, 1er semestre 1902 (voir spécialement le n° 58 de ce Mémoire).

des équations différentielles définissant les extrémales de $\delta \int_{t_1}^{t_2} \mathrm{F}\,dt = 0$, où F est une fonction quelconque de t, y_i, $y_i^{(1)}$, $y_i^{(2)}$ ($i = 1, \ldots, n$). Si ces équations sont satisfaites par les n fonctions $\overline{y_1^{(1)}}, \ldots, \overline{y_n^{(1)}}$ de $y_1, \ldots, y_n$ et t, le premier lemme nous apprend à déduire, de J, un invariant intégral relatif 1-uple $\overline{\mathrm{J}}$ du système (3). Grâce au deuxième lemme, on déduira de $\overline{\mathrm{J}}$ l'invariant intégral relatif 1-uple :

$$(13)\quad \overline{\mathrm{J}}' \equiv \sum_1^n {}_i \left(\overline{\mathrm{M}}_i + \sum_1^n {}_k \overline{\mathrm{Q}}_k \frac{\partial \overline{y_k^{(1)}}}{\partial y_i} \right) \delta y_i + \left[\overline{\mathrm{F}} - \sum_1^n {}_i \left(\overline{\mathrm{M}}_i + \sum_1^n {}_k \overline{\mathrm{Q}}_k \frac{\partial \overline{y_k^{(1)}}}{\partial y_i} \right) \overline{y_i^{(1)}} \right] \delta t$$

du système (11); on trouve, en outre, que pour que $\overline{\mathrm{J}}'$ soit une différentielle exacte, il faut et il *suffit* que $\overline{\mathrm{J}}$ soit une différentielle exacte. Donc, *si* $n = 1$, $\overline{\mathrm{J}}'$ *est toujours une différentielle exacte.*

MÉCANIQUE. — *Sur la propagation et l'altération des ondes de choc.* Note [1] de M. **L. Crussard**, présentée par M. L. Lecornu.

Une onde plane de choc, tout comme une onde continue [2], peut être définie par la distance $x = f(w)$ qui sépare chaque front F du front initial F_0, avec cette différence qu'en un certain front (qui peut être F_0 ou qui peut en être distinct) il y a variation brusque de w (front de choc).

La recherche de la façon dont se déforme, en se propageant, une onde ainsi constituée est très complexe : 1° parce que le front de choc ne progresse pas comme les autres; 2° parce qu'il donne, à chaque instant, naissance à des ondes de retour. Par contre, les ondes qui portent des compressions modérées obéissent à des lois pratiquement assez simples, et le problème peut être entièrement résolu, à un taux d'approximation largement suffisant.

Si, usant des formules établies par Hugoniot, on cherche à déterminer l'état PV d'un front F où se réalise la vitesse w, on a, comme on le verrait facilement :

---

(1) Présentée dans la séance du 17 février 1913.

(2) Voir ma Note du 3 février 1913, insérée dans les *Comptes rendus* de la séance du 10.

Cas d'onde continue.

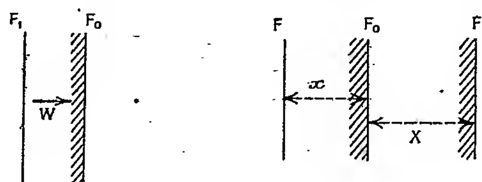
$$\frac{P}{P_0}=\gamma\frac{w}{S_0}+\frac{\beta}{2}\gamma\frac{w^2}{S_0^2}+K\frac{w^3}{S_0^3},$$
$$-\frac{V}{V_0}=\frac{w}{S_0}-\frac{\beta}{2}\frac{w^2}{S_0^2}+K'\frac{w^3}{S_0^3},$$

Cas d'onde de choc.

$$\frac{P}{P_0}=\gamma\frac{w}{S_0}+\frac{\beta}{2}\gamma\frac{w^2}{S_0^2}+K_1\frac{w^3}{S_0^3},$$
$$-\frac{V}{V_0}=\frac{w}{S_0}-\frac{\beta}{2}\frac{w^2}{S_0^2}+K'_1\frac{w^3}{S_0^3},$$

K, K', K_1, K'_1 désignant des quantités finies. Au troisième ordre près en $\frac{w}{S_0}$, l'état PV est donc le même et, à ce degré d'approximation, les ondes de retour disparaissent.

Étudions, pour fixer les idées, la propagation d'une onde dans laquelle



le front de choc coïncide avec le front initial F_0. Si, à un instant donné, la vitesse derrière le front est w, le front F_0 progresse avec une vitesse U' donnée par les formules d'Hugoniot, soit, en développant en série :

$$(1)\qquad U'=S_0\left(1+\frac{\beta}{2}\frac{w}{S_0}-\frac{\beta^2}{8}\frac{w^2}{S_0^2}+K''\frac{w^3}{S_0^3}\right),$$

tandis que le front suivant F_1 progresse, comme on l'a vu dans l'étude des ondes continues, avec la vitesse

$$(2)\qquad U=S_0\left(1+\beta\frac{w}{S_0}\right)>U',$$

F_1 ne tarde donc pas à rejoindre F_0 et à altérer la marche du front de choc.

Le problème sera résolu si l'on connaît : 1° l'époque T à laquelle un des fronts arrière F, portant la vitesse w, rejoint le front initial F_0 ; 2° la position X de la rencontre F'_0.

Or : 1° pendant le temps T, le front F a parcouru le chemin $FF'_0=X+x$ avec la vitesse U, donc

$$(3)\qquad X+x=UT,$$

et 2° au moment T, la vitesse derrière le front F'_0 étant w, ce front pro-

gresse avec la vitesse U'

$$\frac{dX}{dT} = U'. \tag{4}$$

L'élimination de X, U et U' entre (1), (2), (3), (4) donne ainsi (toujours à $\frac{\varpi^3}{S_0^3}$ près)

$$\left(\frac{\beta}{2}\frac{\varpi}{S_0} + \frac{\beta^2}{8}\frac{\varpi^2}{S_0}\right)dT + \beta T\frac{d\varpi}{S_0} - \frac{dx}{S_0} = 0,$$

d'où

$$\frac{\beta}{2}\frac{\varpi^2}{S_0}T = \left(1 + \frac{\beta}{4}\frac{\varpi}{S_0}\right)^2 \int_{\frac{\varpi_0}{S}}^{\frac{\varpi}{S}} \frac{\varpi}{S_0}\frac{dx}{\left(1 + \frac{\beta}{4}\frac{\varpi}{S_0}\right)^3}, \tag{5}$$

ce qui résout entièrement le problème.

En particulier, l'atténuation spontanée des ondes de choc (le coup de vent des explosifs, par exemple) est ainsi résolue. Quand l'onde est sur le point de disparaître (ϖ faible), on voit, notamment, d'après (5), qu'elle obéit approximativement à la relation

$$\varpi^2 T = \text{const.} \tag{6}$$

Jointe à (3), cette équation (6) montre que l'onde, en même temps qu'elle s'atténue, s'étale entre tête et queue, sa longueur variant à peu près comme $\sqrt{T}$.

AÉRONAUTIQUE. — *Sur un nouveau principe de stabilité longitudinale des aéroplanes.* Note (¹) de M. **Alexandre Sée**, présentée par M. L. Lecornu.

On sait que la stabilité longitudinale des aéroplanes en air calme, entendue dans le sens de création d'un couple de rappel lorsque l'appareil, supposé préalablement en équilibre, prend un petit mouvement de tangage, est habituellement obtenue par le principe dit du V longitudinal. Le V longitudinal consiste en la disposition de deux surfaces fixes l'une derrière l'autre, celle d'avant ayant un angle d'incidence plus grand que celle d'arrière. Les deux surfaces peuvent à la rigueur être réunies en une seule

---

(¹) Présentée dans la séance du 17 février 1913.

dont la partie antérieure a une incidence plus grande que la partie postérieure.

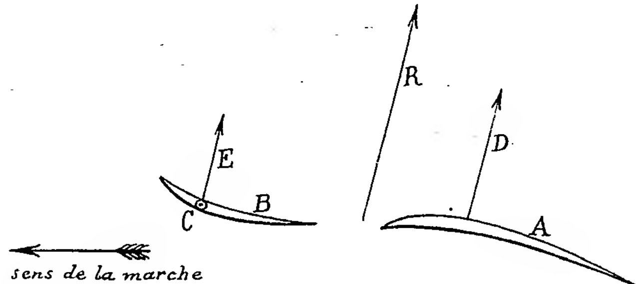
La présente Note a pour objet de montrer qu'on peut réaliser la stabilité longitudinale par l'application d'un principe tout différent.

Considérons un aéroplane composé d'une surface portante principale A placée à l'arrière et d'une surface B placée à l'avant; cette surface B est librement mobile autour d'un axe transversal C; elle est en outre convexe vers le bas, ou plus généralement elle a une forme telle que la poussée de l'air sur elle avance lorsque l'incidence diminue (il existe des surfaces en S présentant cette propriété alliée à une bonne qualité portante).

En marche, la surface B s'oriente d'elle-même, de manière que la poussée E qu'elle reçoit de l'air rencontre l'axe C; elle conserve par conséquent une incidence constante.

Il est facile de voir qu'un tel ensemble, bien que dépourvu d'empennage fixe, possède la stabilité longitudinale.

En effet, supposons l'appareil en équilibre; les deux poussées D et E sur les surfaces



A et B ont une résultante R passant par le centre de gravité (on suppose, comme d'habitude, que le moment de la traction de l'hélice par rapport au centre de gravité est très petit).

Si l'appareil pique du nez, l'angle d'incidence des deux surfaces se trouve diminué. La poussée D sur la surface A diminue. Mais la surface B reprend immédiatement son incidence de régime, et par conséquent la poussée E ne diminue pas. Il en résulte que la résultante de D et de E se rapproche de E, produisant un couple qui tend à relever l'avant de l'appareil, c'est-à-dire à rétablir la position initiale.

On voit par un raisonnement analogue que, si l'appareil se cabre, la surface B est encore stabilisatrice.

Pour vérifier ce principe, j'ai construit un modèle réduit. Ce modèle présente une très grande stabilité; lancé dans des conditions diverses, il s'établit immédiatement à sa position de régime et ne s'en écarte plus.

En déplaçant soit le centre de gravité, soit la position de l'axe C sur la surface B, j'ai fait varier les vitesses et angles de régime, sans nuire à la stabilité.

Ce principe de stabilité ne fait pas appel au V longitudinal; l'incidence de la surface d'avant est déterminée par la position de l'axe C; elle peut être choisie égale ou inférieure à celle de la surface d'arrière.

En pratique, on donnera aux deux surfaces l'incidence correspondant à la meilleure qualité portante, chose qu'on ne peut jamais faire avec le V longitudinal, dans lequel la surface stabilisatrice a toujours une incidence nettement plus grande ou plus petite que celle correspondant à la meilleure qualité portante.

Le couple stabilisateur obtenu par le procédé ci-dessus est plus grand que celui que crée le V longitudinal; en effet, avec ce dernier, la poussée sur les deux surfaces varie, et le V a pour effet de faire varier la poussée sur l'avant un peu moins vite que la poussée sur l'arrière. Avec le procédé que je viens de décrire, la poussée sur l'avant ne varie pas du tout; l'effet stabilisateur est en quelque sorte la limite supérieure de celui qu'on pourrait obtenir avec le V longitudinal poussé à l'extrême.

ÉLECTRICITÉ. — *L'inscription des signaux horaires et des télégrammes hertziens à l'aide d'un appareil Morse.* Note [1] de M. **Albert Turpain.**

Continuant les recherches que je poursuis depuis quelques années sur l'inscription des signaux hertziens, j'ai réalisé deux types de galvanomètres très sensibles et de grand amortissement.

L'un me sert à inscrire photographiquement les signaux hertziens de l'heure à la manière que l'ai indiquée à l'Académie dans une Note récente (*Comptes rendus*, 10 février 1913); c'est un galvanomètre à corde qui rappelle les dispositifs de ce genre d'Eithoven et d'Edelmann. L'autre est un galvanomètre à cadre qui permet de mettre en mouvement un appareil Morse ordinaire. Je donnerai ici, concernant ces deux types d'appareils, quelques indications succinctes.

Galvanomètre à corde. — Le fil tendu dans un champ magnétique intense est du fil de 2^{μ} de diamètre, fil à la Wollaston qui, argenté, présente un diamètre

---

[1] Présentée à la séance du 17 février 1913.

de $\frac{25}{1000}$ de millimètre. On le décape de l'argent sur une longueur de 4^{cm} à 5^{cm} environ. Le fil est tendu dans le champ magnétique d'un puissant électro Weiss, muni de pièces polaires coniques qui, rapprochées à 1^{mm}, réalisent un champ de 32000 gauss. Le galvanomètre décèle un courant de 5×10^{-12} ampère, soit $\frac{1}{200000}$ de microampère. Il m'a servi à inscrire les signaux de l'heure par la photographie et à y comparer au $\frac{1}{100}$ de seconde près l'heure d'un chronomètre (*Comptes rendus*, 10 février 1913).

Galvanomètre à cadre. — Le fil conducteur, en cuivre isolé à la soie, mesure $\frac{5}{100}$ et dans certains cadres $\frac{3}{100}$ de millimètre de diamètre. Le cadre est sans support. A cet effet, l'enroulement est fait sur mandrin de bois recouvert de papier et en dernier lieu d'une feuille de papier pelure. Chaque couche de fil est passée au vernis à la gomme laque. L'enroulement muni du papier pelure est extrait du mandrin. Par une opération minutieuse, on décole, au moyen d'un pinceau léger imbibé d'alcool, le papier pelure qui est retiré par fragments. L'enroulement du fil $\frac{5}{100}$ ou $\frac{3}{100}$ est dès lors aggloméré sans support. On frette chaque coin du cadre au moyen d'un fil d'aluminium de $\frac{5}{100}$ de millimètre de diamètre présentant une petite boucle qui permettra la suspension bifilaire du cadre au moyen de fil de cocon de soie. Le cadre est muni, sur un de ses côtés, d'un miroir d'oscillographe (2^{mm} sur 1^{mm}). Les deux coins supérieurs reçoivent deux index en mince fil d'aluminium. L'un des index, de 5^{cm} de longueur, muni d'un fil de cuivre de $\frac{3}{100}$ de millimètre de diamètre enroulé en spirale, permet de réaliser un contact de relais, à la vérité un peu précaire. L'autre index, de 1^{cm} seulement de longueur, agit par un fil de cocon sur un très léger levier d'aluminium, très mobile et qui accroît dans la proportion de $\frac{1}{10}$ les déplacements du cadre. Ce dispositif de relais est bien constant. Ce levier d'aluminium agit, par ses déplacements, sur un relais très sensible (relais Claude ou relais Ducousso sensibles à des courants de $50^{\mu a}$). Ce dernier relais permet d'actionner un Morse ordinaire. On peut donc, grâce à l'équipage du cadre — et *par une cascade de deux relais de sensibilités décroissantes* — mettre en œuvre, par les signaux hertziens, un appareil Morse ordinaire.

Les galvanomètres à cadre que j'ai réalisés présentent une sensibilité de l'ordre du $\frac{5}{1000}$ de microampère. Les équipages, tout frêtés de leurs boucles de fil d'aluminium, de leurs index et du miroir qui permet de les appliquer à l'inscription photographique, pèsent de $1^{g},5$ à $2^{g},3$.

Les cadres que j'ai réalisés mesurent 72^{mm} sur 11^{mm} (dimensions intérieures). Ils ont une épaisseur de $2^{mm},5$ ou de 5^{mm}. En fil de $\frac{3}{100}$ on peut accumuler 400 tours (20 couches de 20 tours) ou même 1200 tours (30 couches de 40 tours), sans donner aux côtés du cadre une épaisseur supérieure à 2^{mm} ou 3^{mm}. On peut dès lors utiliser des entrefers de $2^{mm},5$ à $3^{mm},25$, c'est-à-dire réaliser des champs magnétiques de 20000 gauss à 23000 gauss.

En suspendant le cadre par un bifilaire en cocon de 7^{cm} de hauteur, tiré à 4^{mm} du cadre par deux haubans horizontaux en fil de cocon, on règle aisé-

ment le couple de torsion et l'on réalise un amortissement qui permet de suivre la transmission par signaux Morse.

Je poursuis à l'heure actuelle, au moyen de ces galvanomètres et de cette méthode d'une *cascade de deux relais de sensibilités décroissantes*, la construction de dispositifs pratiques qui permettent de remettre automatiquement à l'heure une pendule donnée au moyen d'un seul des signaux horaires de la Tour Eiffel. Les organes de la pendule déterminent *automatiquement* la mise en relation des dispositifs avec l'antenne seulement au moment de l'émission du signal de $10^h 45^m$.

MÉCANIQUE. — *Effets de la flexion aux points d'attache du fil d'une balance de torsion.* Note de M. **V. Crémieu**, présentée par M. E. Bouty.

Le but de la présente Note est de compléter ce que j'ai montré antérieurement d'une manière sommaire (*Comptes rendus*, t. 148, 1909, p. 1161) au sujet des balances de torsion dont le fil de suspension est fléchi à ses points d'attache.

Considérons un corps X, de masse M, de centre de gravité G, suspendu à un fil fin AB, serré suivant A*a* dans une pince fixe, et suivant B*b* dans une pince solidaire de X. On peut distinguer deux cas :

Premier cas. — L'insertion A*a* (*fig.* 1) n'est pas verticale et l'insertion B*b* prolongée passe par G. Le fil est alors fléchi à partir de A, et le moment de flexion $\mathfrak{M}_1$ maintient X dans une position telle que G se trouve à une distance GO de la verticale du point A, qui satisfait à la relation

$$\mathfrak{M}_1 = Mg \times \overline{GO} = Mgl \sin\alpha. \qquad (1)$$

A*a*, B et G sont, ainsi que le fil, contenus dans un *plan de flexion* déterminé.

Second cas. — L'insertion A*a* est verticale (*fig.* 2) et l'insertion B*b* prolongée ne passe pas par G. Le fil est alors fléchi à partir de B, et le moment $\mathfrak{M}_2$ maintient encore G à distance de la verticale du point A, dans une position définie par une relation analogue à (1).

Dans ces deux cas, X peut osciller pendulairement autour d'axes horizontaux passant par A, et azimutalement autour de la verticale du point A ; mais il présente toujours un mouvement oscillatoire complexe, résultant de la combinaison de ces deux espèces d'oscillations.

Si le fil de suspension est fin, et le poids du corps X voisin de la charge élastique de ce fil, la période azimutale T_1 est très longue par rapport à la période pendulaire T_2. Par exemple, avec des fils de 1^m de longueur, le rapport des périodes est supérieur à 1200, pour une forme appropriée de X.

Supposons qu'un ébranlement vienne agir sur la pince supérieure et fasse passer A en A', en un temps t. La pesanteur, appliquée en G, fera prendre à X, avec un retard dt, un mouvement pendulaire. Mais par suite de la flexion du fil, G se trouvera, pendant l'intervalle dt, soumis à un couple à axe vertical, dont l'expression est

$$W = Mgl \sin\alpha \sin\beta \sin\omega,$$

expression dans laquelle β désigne l'angle AGA' et ω l'angle du plan de flexion avec

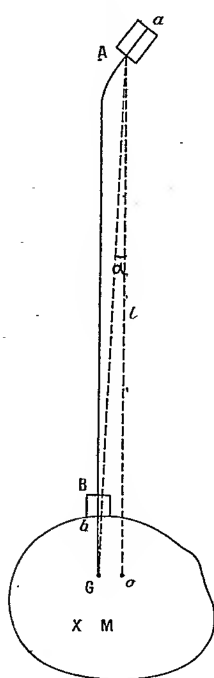


Fig. 1.

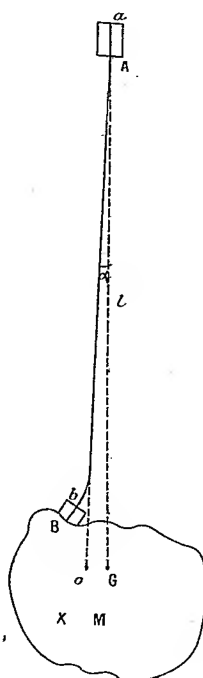


Fig. 2.

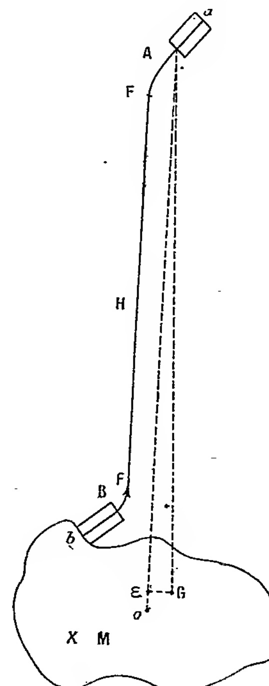


Fig. 3.

le plan AGA'. La valeur de W est nulle pour $\omega = 0$; et dans ce cas, le déplacement de A n'entraînerait pas d'oscillation azimutale de X.

Le couple antagoniste de W est le couple de torsion W_0 du fil. Dans les conditions définies ci-dessus, le rapport $\frac{W}{W_0}$ est de l'ordre de $\frac{1}{1000}$, pour des valeurs de α et β de l'ordre de la minute. L'angle dont tournera G autour de la verticale A_0 sera donc très appréciable; la ligne d'intersection de X par A_0 restera en retard sur G, et le retard sera proportionnel au rapport $\frac{T_1}{T_2}$.

Cas de deux flexions. — L'analyse qui précède ne s'applique qu'aux cas où le point A se déplace de façon que Aa reste parallèle à lui-même. Dans

ces conditions, un déplacement de A n'amène aucun changement dans la position d'équilibre azimutal du plan de flexion.

Mais si le déplacement modifie la direction de Aa, on constate que cette position d'équilibre change, et l'étude des mouvements du système devient très compliquée.

Le fil de suspension prend la forme d'une courbe gauche complexe, qui fera l'objet d'une étude ultérieure. L'expérience montre, d'ailleurs, que ce fil est soumis à une torsion proportionnelle à l'angle que font entre eux les plans verticaux passant par Aa et Bb.

On peut se rendre compte de ce qui se passe à l'aide du raisonnement suivant :

Admettons d'abord (ce que l'expérience vérifie pour des fils fins) que la plus grande partie FF (*fig.* 3) du fil de suspension est sensiblement verticale.

Ceci posé, considérons le système suspendu de la figure 2. Il n'y a qu'une flexion $\mathfrak{M}_1$ et la trace horizontale sera telle que bBAG (*fig.* 4).

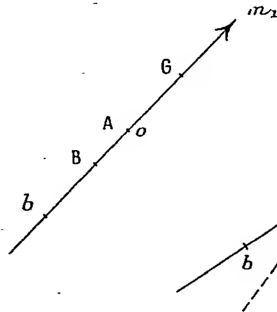


Fig. 4.

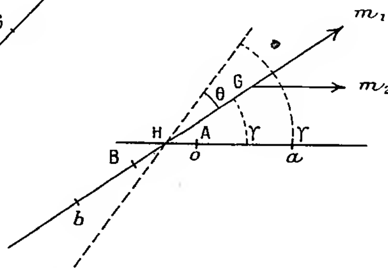


Fig. 5.

Écartons maintenant Aa de la verticale, dans un plan faisant avec GBb un angle γ. L'intersection de ces deux plans sera sur la portion FF (*fig.* 3) et sa trace en H (*fig.* 5). Le plan de flexion initial a été déplacé vers la gauche, dans le cas de la figure, et l'on voit que G est maintenant soumis, par rapport à la position initiale du plan GBb, à un moment proportionnel à HA, c'est-à-dire à la flèche de la seconde flexion $\mathfrak{M}_2$.

Ce moment fait tourner le plan GBb, autour de H, d'un angle θ; l'angle γ' du plan vertical de Aa avec le plan BbG sera, dans la nouvelle position d'équilibre de X, plus petit que l'angle initial γ.

D'autre part, en fléchissant Aa, nous avons élevé G d'une hauteur ε. L'équilibre du système est caractérisé par une relation de la forme

$$\mathrm{Mg} \times \mathrm{GO} = m_1 + m_2 + \mathrm{C}\theta.$$

C désignant le couple de torsion du fil.

Cette relation approchée suffit à rendre compte de ce que toute variation

permanente de la verticale modifiera la position d'équilibre azimutal du système. D'autre part, si les directions d'insertion du fil demeurent fixes, une variation de M ou de g entraînera une rotation de X.

L'expérience montre, de plus, qu'on peut arriver à une très grande sensibilité.

On peut utiliser les propriétés que je viens d'exposer pour construire : 1° des séismographes ayant des plans finis dans l'espace, et échappant aux ébranlements sismiques; 2° des dynanomètres et des microbalances.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la transformation subie par le carbure de calcium chauffé.* Note de MM. **E. Briner** et **A. Kuhne**, présentée par M. G. Lemoine.

C'est un fait bien connu des chimistes qui ont eu à s'occuper du carbure de calcium soit au laboratoire, soit dans l'industrie, que ce corps subit, lorsqu'on le chauffe à 800°-1000° en vase clos, une transformation remarquable ([1]), accompagnée d'une mise en liberté de carbone. Aux températures très élevées, mais indéterminées, obtenues dans son four électrique, Moissan ([2]) avait déjà observé ce phénomène, qu'il croyait vraisemblable d'attribuer à une dissociation de CaC^2 avec départ de Ca. Récemment, MM. Erlwein, Warth et Beutner ([3]) ont conclu de leurs essais non pas à une décomposition du carbure en ses éléments, mais à une transformation en un sous-carbure, qu'ils n'ont du reste pas isolé et dont ils n'indiquent pas la composition.

A l'occasion de travaux sur la vitesse de réaction dans les corps solides, nous avons repris l'étude de cette question, et, nous basant sur le dernier Mémoire cité, nous nous sommes proposé tout d'abord d'établir la composition du sous-carbure présumé. En tenant compte du fait que l'acétylène, dont CaC^2 est un dérivé, est moins stable que les autres hydrocarbures éthyléniques ou saturés, tout au moins aux températures pas trop élevées, il nous a paru naturel d'envisager la formation d'un carbure de constitution éthylénique ou saturée (analogue par exemple au carbure d'aluminium C^3Al^4), formation qui serait évidemment accompagnée d'une mise en liberté de carbone.

([1]) M. le Dr Friedrich, ancien directeur de la Société des Produits azotés, à Notre-Dame-de-Briançon, a fait cette constatation en 1908, au cours de recherches sur la fabrication de la cyanamide calcide.

([2]) *Comptes rendus*, t. 126, 1898, p. 306.

([3]) *Zeits. f. Elektrochem.*, t. XVII, 1911, p. 177.

Le carbure, qui a servi aux essais résumés ici, a été placé dans des tubes de porcelaine de Berlin non vernie et maintenu pendant 7 à 10 heures, suivant les échantillons, à une température de 900°, réalisée au moyen d'un four électrique à résistance.

Nous avons fait réagir le carbure ainsi traité avec l'eau, puis avec HCl concentré, et nous avons reconnu : 1° qu'il se forme dans ces conditions uniquement de l'acétylène et pas d'autres hydrocarbures solides, liquides ou gazeux; 2° que le corps pulvérulent noir, résidu de l'attaque par HCl concentré, est du carbone pur. Ces constatations excluent donc l'existence d'un sous-carbure. Comme, d'autre part, les quantités de carbone produites sont trop considérables (¹) pour être attribuables à une décomposition d'hydrocarbures occlus (²), on est bien obligé d'admettre que ce carbone provient de la décomposition du carbure en ses éléments. MM. Erlwein, Warth et Beutner n'ont pas envisagé cette décomposition, parce qu'ils n'ont pas trouvé d'hydrogène dans les produits de l'attaque par l'eau du carbure chauffé, l'absence de ce gaz démontrant pour eux la non-formation de Ca. Dans les nombreuses analyses que nous avons faites, nous n'avons pas non plus trouvé d'hydrogène, mais si l'on réfléchit aux affinités chimiques énergiques du calcium, la disparition de ce corps, dans les conditions des expériences, n'a rien que de très naturel : au fur et à mesure de sa formation, il se combine aux éléments de l'air ou attaque le matériel solide avec lequel il est en contact (³). Pour nous assurer de ce fait, nous avons placé les récipients renfermant CaC^2 dans des tubes en porcelaine ou en quartz dans lesquels le vide a été maintenu pendant toute la durée de la chauffe à 900°. Le carbure ainsi chauffé n'a pas non plus donné d'hydrogène avec l'eau; par contre, nous avons trouvé qu'il renfermait d'autant moins de Ca qu'il a été chauffé plus longtemps, ce qui dénote bien la disparition du calcium libéré. Une série d'expériences comparatives, où nous avons chauffé dans le vide du carbure, puis du calcium seul, nous a convaincus que le calcium, résultant de la décomposition de CaC^2, s'est, pour

---

(¹) Dans un essai, le carbure, après 10 heures de chauffe, renfermait 10 pour 100 de carbone; d'ailleurs ces quantités augmentent avec la durée de chauffe.

(²) Cette décomposition est invoquée par Bredig, Fraenkel et Wilke, *Zeits. für Elektrochem.*, t. XIII, 1907, p. 608.

(³) Lorsqu'on chauffe du calcium à une température suffisante dans des récipients pleins d'air, le vide s'y produit par disparition de l'azote et de l'oxygène combinés à Ca; il aurait donc fallu que les récipients contenant le carbure fussent absolument étanches, et ce n'était pas le cas.

une part, évaporé (nous l'avons retrouvé dans les parties froides des tubes où il s'est sublimé) et que, pour une autre part, il a altéré fortement le matériel du récipient (¹).

La conclusion à tirer de ces expériences est que la transformation du carbure chauffé n'est autre qu'une décomposition pure et simple de ce corps en ses éléments.

Quant à l'interprétation théorique, d'après la valeur négative trouvée par de Forcrand (²) pour la chaleur de formation de CaC^2, il faudrait attribuer la décomposition de ce corps à la rétrogradation en leurs éléments, subie par les composés endothermiques, lorsque la température s'abaisse. Mais des données thermiques plus récentes montrent que la réaction de formation de CaC^2 à partir des éléments est faiblement exothermique (³), en sorte que cette décomposition est assimilable à la dissociation des corps exothermiques, et, à ce titre, elle doit être d'autant plus complète et plus rapide que la température s'élève davantage.

Comme suite à ces recherches, nous avons commencé l'étude de quelques autres carbures métalliques au point de vue des transformations qu'ils peuvent subir dans des régions de températures bien déterminées.

PHYSICO-CHIMIE. — *La tonométrie différentielle des solutions et la théorie d'Arrhenius.* Note de M. E. FOUARD, présentée par M. E. Bouty.

Les présentes recherches m'ont été suggérées par la discussion des faits que j'avais exposés dans une étude osmométrique des solutions salines (⁴).

D'après la théorie des ions, la pression osmotique d'une solution d'un électrolyte, comme le chlorure de potassium (ClK), doit être double de celle d'un composé organique, tel que la saccharose, à concentration moléculaire égale, et à dilution infinie : autrement dit, le poids moléculaire osmométrique du ClK serait alors la moitié de sa valeur chimique. Or mes observations avaient abouti, non à ce nombre prévu $\frac{M}{2}$,

---

(¹) L'attaque des récipients dans lesquels on chauffe le carbure est due ainsi non pas à l'action de CaC^2, mais à celle de Ca mis en liberté.

(²) *Comptes rendus*, t. 120, 1895, p. 682.

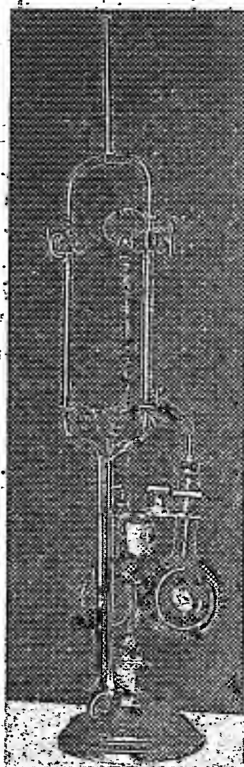
(³) Guntz et Bassett (*Comptes rendus*, t. 140, 1905, p. 864; *Journ. de Chim. phys.*, t. IV, 1906, p. 1) ont trouvé pour cette réaction la tonalité thermique $13^{Cal},15$; elle serait encore plus grande à partir de Ca liquide ou gazeux.

(⁴) *Comptes rendus*, t. 152, p. 519, et t. 153, p. 759; *Journal de Phys.*, avril 1912.

mais exactement à M : ce résultat précis, en désaccord avec l'hypothèse d'Arrhenius, suppose un concours vraiment singulier de prétendues causes d'erreurs expérimentales. Il était nécessaire de vérifier cette mesure, effectuée à la température de 20°-22°, par l'évaluation, à une même température, de la différence de tensions des vapeurs de l'eau et de la solution, que le raisonnement thermodynamique de Nernst relie à la pression osmotique; cette dépression tonométrique devra ainsi être égale au poids d'une colonne de vapeur saturée dont la hauteur est celle de la solution soulevée par la pression osmotique.

J'ai donc étudié, avec la collaboration de M. de Tonnay-Charente, une technique expérimentale donnant directement cette valeur différentielle, suivant le principe appliqué déjà par Bremer.

Le tonomètre (*fig.* 1), entièrement en verre, est constitué par deux chambres de



vapeur de capacités égales; chacune d'elles est formée d'un ballon de 200$^{cm^3}$ relié, au moyen d'un rodage noyé dans un bain de mercure, à un tube latéral recourbé qui débouche dans la branche verticale d'un circuit tubulaire fermé; celui-ci forme à sa partie inférieure un U aux deux branches juxtaposées, contenant de l'huile de vaseline desséchée à 100° dans le vide; à la partie supérieure sont deux robinets parfai-

tement rodés limitant les deux chambres de vapeur ; le tube supérieur sert à faire le vide. On met dans l'un des ballons 100^{cm^3} d'eau pure, dans l'autre, 100^{cm^3} de solution normale de sucre ou de KCl. La dénivellation des deux ménisques d'huile, de l'ordre de 10^{mm}, doit être mesurée au $\frac{1}{10}$ de millimètre, soit à $\frac{1}{158}$ de millimètre ou $6^{\mu},33$ de mercure.

Cette sensibilité d'appréciation nécessite une élimination des causes aberrantes, à laquelle je suis parvenu après 15 mois d'expérimentation.

Outre les difficultés connues de la méthode statique, j'en ai observé une autre, extrêmement importante : après une ébullition prolongée des deux liquides dans le vide, contrairement à ce qu'on pourrait croire, il reste encore assez d'air dissous, se dégageant lentement ensuite, après l'occlusion des deux volumes de vapeur, pour modifier, jusqu'à la changer de sens, la dénivellation ; le départ du gaz raréfié ne s'effectue que lentement, retenu par la viscosité des liquides. La technique qu'on va résumer supprime les difficultés.

Le vide est effectué par une pompe à mercure de Moulin, jusqu'à $\frac{1}{10}$ de millimètre de Hg ; on contrôle l'extraction des gaz avec une jauge de Mac Leod ; la canalisation comprend encore un tube barométrique, indicateur de stabilité du vide, un tube dessécheur à anhydride phosphorique, enfin une éprouvette horizontale contenant du mercure, placée directement au-dessus du tonomètre, et qu'on inclinera pour obturer intérieurement les deux robinets, lorsque la jauge n'indiquera plus aucune variation ; ces diverses parties sont reliées par du tuyau de plomb, avec joints au mastic de Golaz. Le tonomètre est immergé dans l'eau. Chaque opération dure de 6 à 7 jours, pour l'obtention de l'équilibre définitif.

On a ainsi obtenu les dénivellations suivantes D, en millimètres d'huile, aux températures indiquées t ; elles ne diffèrent, du sucre au ClK, que de quelques dixièmes de millimètre, ce que vérifient d'ailleurs les essais différentiels directs entre les deux solutions normales :

Sucre.	t	19°,74	20°,72	20°,61	20°,83	21°,75	21°,95	22°,03	22°,41	22°,61
	D	6,6	7,2	7,4	7,4	8,2	8,2	8,2	8,5	8,8
ClK..	t	20°,97	21°,71	21°,62	21°,74	22°,16	22°,01	22°,63	22°,81	
	D	7,8	8,3	8,4	8,4	8,8	8,9	9,7	9,8	

Comparons le résultat à 22° à celui fourni par le calcul de Nernst : à 22°, la pression osmotique théorique $P_0 \alpha T$ d'une solution normale, sans dissociation, est de $24^{atm},05$ équilibrée par une hauteur de solution de sucre ($d_{22}=1,130$) de $219^{m},50$, ou par une hauteur de solution de ClK ($d_{22}=1,039$) de 239^{m}; les dénivellations tonométriques théoriques, calculées en huile de vaseline ($d_{22}=0,861$), sont ainsi pour le sucre : $4^{mm},88$; pour le ClK : $5^{mm},33$. Qu'indiquent les expériences à 22°? Pour le sucre, on a

$8^{mm},2$. Pour le ClK, on a $8^{mm},9$. Il résulte de là un accroissement proportionnel, pour le sucre, de $\frac{8,2}{4,88} = 1,68$ et pour le ClK, de $\frac{8,9}{5,33} = 1,67$. Or, ce dernier traduit conventionnellement une dissociation électrolytique de 0,67 bien conforme aux prévisions; mais pour le sucre, le même rapport (0,68) est absolument inattendu, en divergence complète avec les théories. A moins de supposer que la méthode, très satisfaisante pour le KCl, ne vaut rien pour le sucre, on déduirait de là que les molécules-grammes de chacun d'eux sont cinétiquement équivalentes à 22°, comme si toutes deux étaient également dissociées, ou bien comme si elles ne l'étaient ni l'une ni l'autre, une explication différente des phénomènes connus devant être recherchée. En tous cas, c'est précisément cette équivalence cinétique que m'avaient indiquée mes expériences osmométriques, alors qu'à dilution maxima aucune diffusion saline n'était décelable.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'oxydation des complexes cobalto-organiques.* Note de M. **H. Colin** et **A. Sénéchal**, présentée par M. Haller.

Les sels de cobalt ne sont pas précipités par les alcalis en présence d'alcools polyatomiques, d'acides-alcools, de sucres et, en général, de toute substance qui contient dans sa molécule des oxhydriles alcooliques. Il se forme dans ces conditions, en présence d'un excès d'alcali, des combinaisons complexes, stables seulement en solution et dont la couleur varie du bleu au rouge violacé.

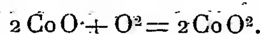
Les combinaisons cobalto-glycérique, mannitique, érythritique s'oxydent rapidement à l'air; les combinaisons lactique, malique, tartrique, plus difficilement; la combinaison citrique ne s'oxyde que sous l'action de l'eau oxygénée. La tendance à l'oxydation paraît ainsi dépendre du nombre et de la nature des groupes OH de la molécule organique.

Dans tous les cas, l'oxydation conduit à des solutions vertes qui tendent à se décomposer spontanément en donnant du sesquioxyde, ou à se réduire en oxydant la matière organique. Les combinaisons cobalto-glycérique et cobalto-lactique sont cependant très stables.

Si la concentration en soude de la liqueur est suffisante pour assurer la stabilité du complexe, la quantité d'oxygène absorbé tend vers une limite qui correspond à 1^{at} d'oxygène pour 1^{at} de cobalt; à ce moment le métal se trouve à l'état trivalent.

Manchot (¹), le premier, a signalé cette particularité dans le cas de l'oxydation par l'air du cobalto-cyanure; Job (²) a fait une remarque semblable en étudiant l'oxydation des liqueurs cobalto-tartriques. L'oxydation par l'air des combinaisons cobaltiques complexes dans lesquelles le cobalt est engagé dans un ion électronégatif exige donc toujours une quantité d'oxygène double de celle qui est nécessaire pour amener le métal à l'état trivalent.

Engler, puis Job ont émis l'idée que ce fait pourrait être expliqué en admettant qu'il se forme transitoirement un bioxyde de cobalt suivant le schéma



$$2\,CoO + O^2 = 2\,CoO^2.$$

La réaction d'oxydation serait alors trimoléculaire ou dimoléculaire si l'on suppose constante la concentration en oxygène.

Nous avons mesuré la vitesse d'oxydation des complexes cobalti-glycérique et lactique en dosant, par la méthode de Job, les quantités d'oxygène fixées sur le cobalt après des temps connus. L'oxydation était réalisée en pulvérisant, à l'intérieur de la liqueur, un vif courant d'air dont la vitesse était maintenue constante. Si l'on suppose que la concentration en oxygène demeure invariable pendant toute la durée de l'expérience, on peut appliquer les lois de la cinétique chimique établies pour les réactions en milieu homogène. On n'obtient une constante satisfaisante pour les coefficients de vitesse, qu'en admettant que l'oxydation se fait suivant une réaction monomoléculaire.

Avec une solution cobalto-glycérique contenant par litre : $3^{mols},2$ de glycérine, $2^{mols},5$ de soude et $6^g,34$ de SO^4Co, nous avons obtenu, à $12°,5$, les résultats suivants :

Temps. (m)	x.	$K_1 = \frac{1}{t}\log\frac{a}{a-x}$.	$K_2 = \frac{1}{t}\frac{x}{a(a-x)}$.
92	2,22	0,0044	0,00085
127	3,05	0,0049	0,00104
164	3,27	0,0042	0,000924
361	5,05	0,0041	0,00142
396	5,50	0,0046	0,00202
	Moyenne :	0,0044	

a est la quantité d'oxygène, exprimée en milligrammes, qui correspond à l'oxydation totale du cobalt contenu dans 20^{cm^3} de solution ($a = 6,55$).

(¹) MANCHOT et HERZOG, *Ber. d. d. chem. Gesell.*, t. XXIII, 1900, p. 1742.

(²) JOB, *Comptes rendus*, t. 144, 1907, p. 1045.

x est la quantité d'oxygène fixée par 20^{cm^3} de la liqueur au moment du dosage.

Avec une concentration en sel de cobalt de $4^g,26$ par litre, on obtient pour K_1, toutes choses égales d'ailleurs, 0,0048, valeur très voisine de la précédente. La vitesse d'oxydation, mesurée dans les conditions qui viennent d'être décrites, n'est donc pas une vitesse de régime, et l'on peut lui attribuer une signification chimique précise.

La valeur de la constante décroît très vite quand la concentration en soude augmente faiblement; elle passe de 0,015 à 0,0087 et 0,0044 lorsque l'on fait varier la concentration en soude de 2,04 à 2,28 et 2,52 molécules-gramme par litre.

Manchot et Herzog ([1]) ont établi que l'oxydation par l'air du cobalto-cyanure se fait aussi suivant une réaction monomoléculaire. D'après ces auteurs, l'oxydation du complexe cobalteux aurait lieu aux dépens de l'eau conformément à l'équation schématique



$$CoO + H^2O = CoO(OH) + H.$$

L'hydrogène atomique s'unirait ensuite à l'hydrogène pour donner de l'eau oxygénée. De plus, le cobalto-cyanure peut s'oxyder en l'absence d'oxygène, soit à chaud, soit en présence de platine platiné, et il se dégage de l'hydrogène.

Nous n'avons pu mettre en évidence un tel dégagement de gaz dans le cas des solutions cobalto-organiques; cependant le mécanisme de leur oxydation semble se rapprocher beaucoup plus de celui du cobalto-cyanure que de celui des solutions ammoniacales de cobalt. Dans ce dernier cas, il se forme avec l'oxygène une combinaison d'addition $Co^2O^2(NH^3)^{10}X^4$, susceptible d'être séparée à l'état solide et la réaction, complète dans certaines conditions de concentration, paraît être dimoléculaire.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence de la gentiopicrine, du gentianose et du saccharose dans les racines fraîches de la Gentiane ponctuée.* Note de M. **Marc Bridel**, présentée par M. E. Jungfleisch.

La gentiane ponctuée (*Gentiana punctata* L.) est, de toutes les grandes gentianes, celle qui se rapproche le plus, par son aspect général, de la gentiane jaune (*Gentiana lutea* L.), avec laquelle on peut la confondre.

([1]) Manchot et Herzog, *Zeits. anorg. Chem.*, t. XXXVII, 1901, p. 397.

Si les caractères de la fleur permettent de différencier sûrement ces deux plantes, il est, par contre, absolument impossible de différencier l'une de l'autre leurs racines, séparées des tiges : même couleur, même taille, même aspect.

J'ai récolté moi-même les racines qui m'ont servi dans ce travail, de façon à être sûr de leur origine. 1900^g de racines fraîches, arrachées au Lautaret, le 23 août 1912, ont été traitées à Paris, 3 jours après leur récolte, par l'alcool bouillant, suivant les indications de la méthode biochimique de M. Bourquelot [1].

Voici les résultats de l'essai à l'invertine et à l'émulsine sur un extrait liquide, aqueux dont 100$^{cm^3}$ correspondaient à 100^g de racines fraîches :

Rotation initiale ($l = 2$)	$-2°24'$
Rotation après action de l'invertine	$-5\ \ 5$
Rotation après action de l'émulsine	$+\ \ 38$
Sucre réducteur initial	0^g,379
Sucre réducteur après action de l'invertine	2,566
Sucre réducteur après action de l'émulsine	4,171

Sous l'action de l'invertine, on a constaté un recul de la déviation gauche de 2°41′, avec formation de 2^g,187 de sucre réducteur, soit un indice de 810. Cet indice est du même ordre que ceux qu'on a observés dans l'étude des racines de gentiane jaune et de gentiane à feuille d'asclépiade, qui étaient respectivement de 730 et de 790 [2]. Ce qui est à retenir ici, c'est que le changement de rotation est faible, étant donnés les changements observés avec les autres gentianes.

Il en est de même du retour produit sous l'action de l'émulsine, qui est de 5°43′, au lieu de 10° à 12° qu'on a observé avec les plantes citées plus haut. Mais, l'hydrolyse par ce dernier ferment s'étant produite de la même manière, en deux temps, avec un indice faible au début et qui s'est élevé fortement à la fin de la réaction, on peut dire, malgré la faiblesse relative des changements produits, que la composition des racines de gentiane ponctuée doit être sensiblement la même que celle des deux autres gentianes dont il vient d'être question. C'est ce que démontre l'extraction des principes immédiats importants que renferme la racine.

Extraction de la gentiopicrine. — On a traité par l'éther acétique, selon le procédé de M. G. Tanret, l'extrait alcoolique provenant des 1900^g de racines fraîches. On a obtenu ainsi 17^g de gentiopicrine, soit un rendement de 9^g environ par kilogramme. La gentiopicrine, recristallisée dans l'éther acétique, présentait les propriétés suivantes :

$$\text{Pouvoir rotatoire : } \alpha_D = -196°,38$$
$$(p = 0,9806\ ;\ v = 50\ ;\ l = 2\ ;\ a = -7°42').$$

---

(1) Em. Bourquelot, *Comptes rendus*, t. 133, 1901, p. 690.
(2) Marc Bridel, *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 1164.

Sous l'action de l'émulsine, l'hydrolyse de la solution ayant servi à déterminer le pouvoir rotatoire s'est faite rapidement, et il s'est déposé de la gentiogénine donnant la coloration bleue caractéristique de ce composé.

Extraction du gentianose. — On a suivi exactement le procédé indiqué pour l'extrait de *Gentiana Asclepiadea* L. ([1]). On a obtenu 12^g de produit cristallisé qu'on a purifié par cristallisation dans l'alcool à 80°. Les cristaux obtenus ont été identifiés avec le gentianose par leur pouvoir rotatoire : $\alpha = +31°,35$

$$(p = 0,3030 ;\ v = 15 ;\ l = 2 ;\ \alpha = +1°16').$$

Extraction du saccharose. — On a réuni les liquides alcooliques qui avaient fourni le gentianose brut, et on les a concentrés à un demi-volume. Il s'est fait, lentement, une nouvelle cristallisation. On a obtenu ainsi 7^g d'un produit légèrement brun, possédant un pouvoir rotatoire de $+53°,3$. On l'a traité par 200$^{cm^3}$ d'alcool à 95° bouillant.

Le saccharose a cristallisé : on a recueilli 2^g,60 de cristaux que le pouvoir rotatoire identifie sûrement avec le saccharose.

$$\text{Pouvoir rotatoire : } \alpha_D = +66°,46$$
$$(p = 0,3166 ;\ v = 25 ;\ l = 2 ;\ \alpha = +1°41').$$

En résumé, comme avec les racines de *Gentiana Asclepiadea* L., on a réussi à obtenir, à l'état pur et cristallisé, la gentiopicrine, le gentianose et le saccharose.

Les résultats observés dans l'essai biochimique, notamment les indices élevés, s'expliquent d'une façon identique par la présence démontrée de ces composés et par la présence supposée d'un sucre nouveau.

PHYSIOLOGIE. — *Action des combinaisons arséno-aromatiques* (606 et néo-salvarsan) *sur l'hémoglobine du sang.* Note de M. **R. Dalimier**, présentée par M. Dastre.

Jusqu'ici on ne s'est occupé que de l'action des combinaisons arséno-aromatiques sur le taux de l'hémoglobine du sang au cours des injections intra-veineuses.

J'ai pensé qu'il serait intéressant de rechercher l'action de ces combinai-

([1]) *Loc. cit.*

sons (606 et néo-salvarsan), sur l'état de cette hémoglobine elle-même (oxydée ou réduite).

Voici ce que j'ai observé :

I. *Dioxydiamido-arséno-benzol ou* « 606 ».

J'ai expérimenté comparativement le salvarsan d'Erlich et l'arséno-benzol Billon, qui m'ont donné les mêmes résultats, sauf sur un point accessoire.

A. *In vitro :* en milieu isotonique, le dioxydiamido-arséno-benzol, préparé comme à l'habitude pour l'injection intra-veineuse, n'a déterminé aucune modification appréciable de l'oxyhémoglobine, même après 17 heures de contact. Pas de réduction, pas de transformation de l'oxyhémoglobine et pas d'hémolyse; en milieu hémolytique, les résultats ont été les mêmes, sauf en ce qui concerne l'arséno-benzol Billon qui, après 17 heures de contact, a montré une tendance légère à la réduction de l'oxyhémoglobine. Cette constatation, faite dans les conditions ci-dessus indiquées, n'a d'ailleurs aucune conséquence au point de vue pratique.

B. *In vivo :* j'ai expérimenté sur le sang d'un malade qui avait reçu une première injection intra-veineuse 4 jours auparavant ($0^{cg},40$) et qui, 5 heures avant la prise de sang, avait subi sa deuxième injection ($0^{cg},50$) : il était à ce moment en pleine crise thérapeutique avec céphalalgie, nausées, diarrhée et fièvre à $38°,5$. L'examen spectroscopique, fait immédiatement, a montré l'oxyhémoglobine absolument normale et l'absence complète d'hémolyse.

II. *Dioxydiamido-arséno-benzol-monométhylène-sulfoxylate de soude ou néo-salvarsan.*

A. *In vitro :* le néo-salvarsan a une action très marquée sur l'hémoglobine du sang; en poudre, il réduit en une minute l'oxyhémoglobine. Il y a hémolyse; en solution usuelle, telle que le prescrit Erlich ($0^{cg},30$ dans 50^{cm^3} d'eau distillée), il suffit de 2^{cm^3} pour hémolyser 5^{cm^3} de sang; avec 10^{cm^3} de solution, on réduit l'oxyhémoglobine de 5^{cm^3} de sang.

B. *In vivo :* j'ai expérimenté sur le lapin. Un lapin de $2^{kg},265$ reçoit dans la veine marginale de l'oreille $0^{cg},10$ de néo-salvarsan solubilisés dans 20^{cm^3} d'eau distillée, le sang est recueilli de minute en minute, après l'injection, par l'aiguille restée en place.

Les tubes I, III, IV, V, VI ne présentaient rien d'anormal; seul le tube II a révélé une hémolyse partielle, mais nette, vérifiée d'ailleurs à la centrifugation. Aucun des six tubes n'a montré au spectroscope de modifications de l'oxyhémoglobine.

Enfin des examens de sang, pratiqués sur ce lapin une demi-heure et 24 heures après l'injection, ont montré une hémoglobine absolument normale.

Conclusions. — 1° Le *dioxydiamido-arséno-benzol* ou « 606 » paraît dépourvu de toute action sur l'hémoglobine du sang, aussi bien *in vitro* qu'*in vivo*.

2° Le *dioxydiamido-arséno-benzol-monométhylène-sulfoxylate de soude* ou *néo-salvarsan* a une action assez marquée sur l'hémoglobine.

In vitro, il *hémolyse* le sang dans des proportions très importantes, et il *réduit* l'oxyhémoglobine. Il y a tout lieu de penser que ces deux propriétés lui viennent de la présence du groupe «sulfoxyle» ajouté par Erlich au salvarsan dans un but de solubilisation plus facile du produit et qui, d'une manière générale, est, chimiquement, un réducteur actif.

In vivo, la *réduction* ne se produit pas et l'*hémolyse* est extraordinairement fugace. Néanmoins, il y a lieu de supposer que, chez certains malades présentant de la fragilité globulaire ou de l'ictère hémolytique, l'utilisation du néo-salvarsan pourrait avoir des inconvénients; ses propriétés hémolysantes et réductrices pourraient entrer pour une part plus ou moins grande dans la genèse des accidents qu'on a signalés à l'actif du néo-salvarsan.

CYTOLOGIE. — *La télophase et la prophase dans la caryocinèse somatique.* Note de M. V. **Grégoire**, présentée par M. Guignard.

L'interprétation que nous avons proposée, en 1903 et 1906, pour les phénomènes de la télophase et de la prophase, dans les objets à chromosomes assez volumineux, a rencontré plusieurs oppositions.

Deux interprétations surtout ont été publiées, qui s'écartent de la nôtre dans deux directions tout à fait opposées. Pour certains auteurs, nos aspects de bandes alvéolaires ou réticulaires de la télophase traduisent, en réalité, le premier début d'un authentique clivage longitudinal, préparant, dès lors, les chromosomes-filles de la cinèse suivante, sous la forme de *deux filaments* parallèles ou entrelacés. Pour d'autres, au contraire, les aspects télophasiques correspondent à la production, au sein du chromosome-fille, d'un filament chromatique *unique*, spiralé, indivis, ébauche précoce du chromosome de la prophase suivante. La question méritait un examen nouveau, dans divers objets et à l'aide de méthodes critiques (fixations comparées et procédés d'observation les plus parfaits). Aussi, pendant que nous reprenions nous-même l'étude du *Trillium*, du *Galtonia*, de l'*Allium*, nous avons confié à M. H. Muckermann l'examen des Batraciens, à M. Lester W. Sharp celui du *Vicia faba*, à M. Desmet celui du *Crepis virens*. Ces diverses recherches ont fourni des résultats concordants qui confirment, dans ses points essentiels, notre interprétation antérieure et que nous voulons résumer dans cette Note préliminaire ([1]).

Télophase. — Les transformations des chromosomes-filles comportent des

([1]) Les travaux *in extenso* paraîtront dans *La Cellule*.

phénomènes d'alvéolisation, de réticulisation, de creusement de la substance chromosomique : ils débutent parfois à un stade précoce, dès la métaphase ou même la prophase (*Trillium*). Dans un chromosome télophasique ainsi réticulisé, la substance figurée se trouve répartie suivant des dispositions fort variées : certaines de celles-ci présentent l'apparence d'un filament spiralé unique, mais d'autres, plus fréquentes, donnent l'impression de deux filaments chromatiques parallèles. Seulement, une observation plus délicate montre que ce ne sont là que des aspects d'une vraie réticulisation, réalisés d'ailleurs côte à côte dans un même chromosome. Ce ne sont que des modalités du phénomène essentiel, et celui-ci consiste en ce que chaque chromosome devient un réseau élémentaire, dans lequel la répartition de la substance figurée n'est réglée que par le caprice du creusement qu'a subi le chromosome lui-même. Une étude attentive et complète des images télophasiques suffit donc à montrer qu'il ne s'agit là ni de la formation endogène d'un filament spiralé, ni d'une vraie bipartition longitudinale des chromosomes-filles. On ne pourrait, dans nos objets, adopter l'une ou l'autre de ces deux interprétations qu'en schématisant et en généralisant certains aspects partiels des chromosomes. Seulement, c'est l'étude de la prophase qui nous éclairera définitivement sur la véritable portée des phénomènes télophasiques.

Prophase. — Dans nos objets, les chromosomes reparaissent, après l'*interphase*, non pas sous la forme de filaments régulièrement spiralés, ainsi que Bonnevie le décrit pour l'*Allium*, mais bien sous la forme de bandes plus ou moins réticulaires ; la substance figurée s'y trouve encore fort capricieusement répartie autour des mailles, et, si certains aspects donnent l'impression d'une ligne chromatique spiralée, d'autres, au contraire, simulent, à première vue, un ruban double. Ce stade de bandes est très clair. Mais, d'autre part, il n'est pas moins évident qu'il est suivi d'un autre stade, où chaque bande initiale donne naissance à un filament mince, long, contourné plus ou moins en zigzag (plutôt qu'en spirale) et indivis, du moins au début de sa formation. Ce filament ne résulte d'ailleurs, ni d'une différenciation endogène de la bande, ni d'un rapprochement étroit des deux bords d'une bande double ; il provient simplement, ainsi que nous l'avons décrit, de la répartition de plus en plus régulière de la substance chromosomique suivant certaines travées longitudinales et transversales de la structure primitive des bandes réticulées. C'est ce filament mince qui, à peine formé, subit la bipartition longitudinale, et celle-ci, contrairement à

l'opinion de Bonnevie, persiste durant toute la prophase pour devenir efficace à la métaphase.

Le fait même que *des filaments indivis en zigzag se produisent*, au second stade de la prophase, montre que les cavités des bandes prophasiques initiales et, *a fortiori*, celles des bandes télophasiques, ne peuvent, en aucune façon, être considérées comme la préparation de la division longitudinale authentique des chromosomes. La bipartition longitudinale est un phénomène prophasique. Les auteurs, qui font remonter son apparition jusqu'à la télophase précédente, ont négligé le stade important des filaments *zigzagants* indivis et schématisé les aspects de bandes. Mais, d'autre part, le fait que les filaments en zigzag *succèdent* à des bandes *prophasiques* et en proviennent de la façon que nous avons dite, montre que les aspects télophasiques ne représentent pas la préparation de chromosomes spiralés, en vue de la cinèse suivante. C'est le stade de bandes que Bonnevie a négligé d'approfondir, en schématisant en outre les aspects de zigzag. Les deux interprétations que nous rejetons, et entre lesquelles la nôtre se maintient comme dans une voie moyenne, se réfutent donc l'une par l'autre ou, mieux, doivent se compléter l'une par l'autre.

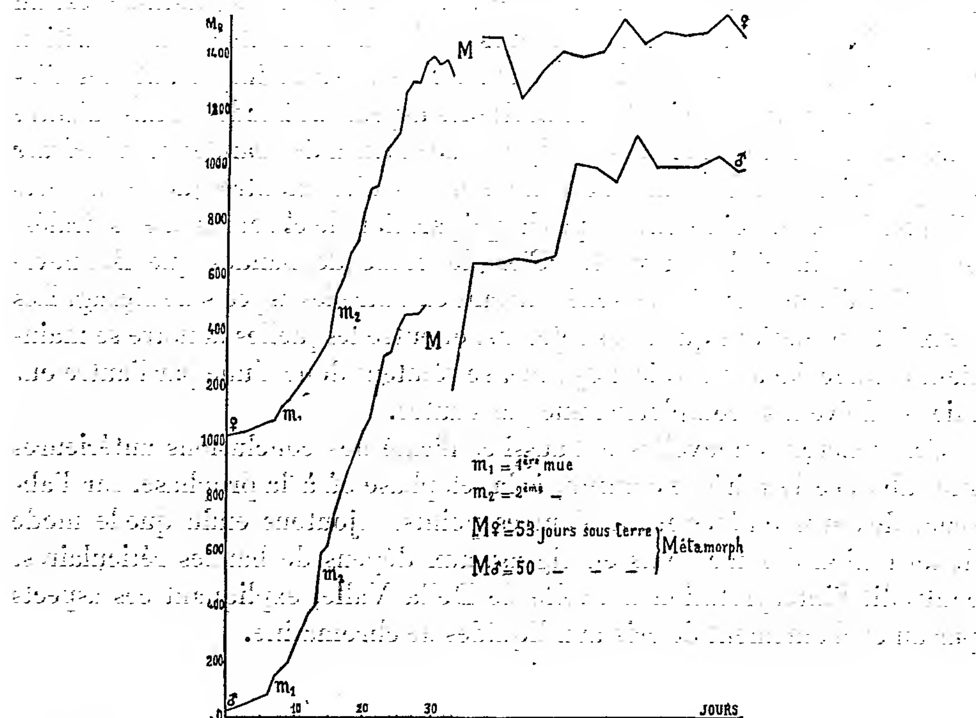
Ces recherches nouvelles ont aussi confirmé nos conclusions antérieures sur l'absence de spirème continu, à la télophase où à la prophase, sur l'absence de chromomères et sur d'autres points. Ajoutons enfin que le mode de formation des filaments en zigzag, aux dépens de bandes réticulaires, contredit l'interprétation nouvelle de Della Valle, expliquant ces aspects par un enchaînement de cristaux liquides de chromatine.

ENTOMOLOGIE. — *Observations sur l'évolution post-embryonnaire du Dytique bordé.* Note de M. L. **Bounoure**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Pendant l'hiver 1912, j'ai élevé un grand nombre de larves de *Dytiscus marginalis*, provenant d'œufs pondus au laboratoire même. Ces larves, placées isolément dans de petites cuves, furent nourries exclusivement de vers de vase (larves de *Chironomus plumosus*) jusqu'à leur métamorphose. Plusieurs d'entre elles subirent normalement leur transformation. Larves et adultes furent pesés régulièrement, avec des précautions spéciales sur lesquelles je ne peux m'étendre ici. La figure ci-après reproduit les courbes de croissance relatives à deux Dytiques, un ♂ et une ♀, courbes d'ailleurs

tout à fait semblables, comme allure générale et comme particularités, à celles obtenues pour les autres individus.

Évolution générale. — Abstraction faite de la discontinuité introduite par la métamorphose, chacune de ces courbes, dans son ensemble, affecte la forme qui, d'après Houssay (1907), caractérise l'évolution de tout



organisme : « Concavité d'abord supérieure, point d'inflexion, concavité inférieure, tendance terminale à l'horizontale. »

Ce qui est caractéristique de l'insecte métabole, c'est la concordance presque complète de la phase de croissance avec la vie larvaire ; celle-ci, chez le Dytique, est relativement très courte : il s'est écoulé seulement de 30 à 35 jours entre l'éclosion de mes larves et le moment où elles se sont enterrées pour la métamorphose. La croissance est donc ici extrêmement rapide, fait attribuable à l'alimentation carnivore, ainsi qu'il ressort de la comparaison avec les Coléoptères végétariens, et des expériences de Roques (1911) sur *Limnophilus*.

Mues. — La larve mue deux fois (ce nombre étant d'une fixité absolue) :

la première mue a lieu entre le septième et le dixième jour de la vie larvaire; la deuxième mue, une semaine plus tard. La quantité de chitine rejetée chaque fois est très faible (respectivement 1^{mg} et 3^{mg}).

Aux mues correspondent des augmentations de poids un peu plus accusées, mais cette accélération de la croissance lors de la mue est faible et n'introduit pas, dans la courbe, de discontinuités très marquées. La plus grande partie de la croissance s'effectue en dehors des périodes de mue, l'animal doublant ou même triplant presque son poids et sa taille entre la deuxième mue larvaire et la mue nymphale. La mue ne me paraît donc pas avoir l'importance qu'on lui attribue d'ordinaire pour la croissance.

Métamorphose. — Ayant traversé la période d'*asitose* terminale de sa vie larvaire, période où le plus souvent son poids s'abaisse pendant plusieurs jours, l'insecte gagne le sol ferme, s'y enfouit et se creuse à 3^{cm}-5^{cm} de profondeur une petite logette où il subit la métamorphose. Il ressort à l'état d'imago, au bout de 50 jours en moyenne, sur lesquels 35 ont été consacrés à la vie nymphale.

A sa sortie de terre, l'insecte accuse le plus souvent *une augmentation de poids*, bien qu'il n'ait, de 50 jours, consommé aucune nourriture. Le Tableau suivant rend compte des variations de poids subies par six Dytiques, qui se sont normalement métamorphosés au laboratoire :

		Poids		
Sexe.	Temps passé sous terre.	avant la métamorphose.	après la métamorphose.	Différence.
	jours	mg	mg	mg
♀............	45	1305	1426	+121
♀............	50	1372	1421	+ 49
♀............	48	1348	1428	+ 80
♀............	53	1325	1466	+141
♀............	51	1368	1204	+164
♂............	50	1498	1186	+312

Les chiffres de la dernière colonne expriment la résultante de deux phénomènes inverses : d'une part, une perte de poids due aux combustions respiratoires, au rejet de deux cuticules, etc.; d'autre part, une augmentation qui compense plus ou moins ces pertes, et se traduit ici le plus souvent par un gain positif. Un tel gain a été déjà constaté chez les Lépidoptères par la comtesse de Linden, et cet auteur a démontré qu'il correspondait à un enrichissement en matériel organique, que décèle l'analyse chimique,

et qui résulte d'un emprunt de C au CO^2 atmosphérique, les nymphes d'insectes pouvant assimiler ce dernier gaz comme les plantes à chlorophylle [1]. Il est permis de penser que cette assimilation est un fait très général, mais habituellement masqué par la prédominance des phénomènes antagonistes.

HISTOLOGIE. — *Les corps figurés du protoplasme des œnocytes des Insectes.* Note de M. **A.-Ch. Hollande**, présentée par M. Henneguy.

Les œnocytes des Insectes présentent fréquemment dans leur cytoplasme des éléments figurés. J'ai pensé qu'une analyse microchimique de ces éléments pourrait fournir quelques renseignements sur la nature de ces « cellules énigmatiques, dont le rôle, dit Ch. Pérez (1911), est encore à trouver, mais dont l'existence est trop générale pour ne pas correspondre à une fonction de première importance pour les Insectes ».

Les éléments figurés sont, suivant l'âge des cellules : 1° des grains ronds, très petits et brillants; 2° des vacuoles à contenu difficilement perceptible; 3° des grains souvent anguleux, pigmentés en vert, marron ou jaune; 4° des cristaux le plus souvent incolores.

Les petits grains brillants apparaissent comme des grains de sécrétion; les vacuoles, chez les jeunes œnocytes larvaires ou imaginaux, renferment du glycogène que met bien en évidence la solution aqueuse d'iodure de potassium iodurée; ce glycogène disparaît des œnocytes larvaires au moment de leur résorption durant la métamorphose.

Les grains pigmentés ne se rencontrent pas dans les œnocytes de tous les Insectes; chez ceux dont les œnocytes sont pigmentés, le pigment fait défaut chez l'œnocyte jeune; ce n'est que lorsque son protoplasme a acquis la teinte uniforme et très prononcée du pigment qui lui est propre, que ce pigment devient figuré sous la forme de grains anguleux; au fur et à mesure que ces éléments prennent naissance, le protoplasme de l'œnocyte se décolore.

Le grain pigmenté est formé de deux substances fondamentales : le pigment et son substratum.

Le pigment varie avec les espèces considérées; bien que présentant la même teinte, il peut se comporter différemment vis-à-vis des réactifs. Chez un certain nombre d'Insectes (*Vanessa urticæ* Lin., *Vanessa Io* Lin., *Cetonia aurata* Lin., *Oxythyrea stictica* Lin., etc.), le pigment, qui est

(1) M. von Linden, *Die Assimilationstätigkeit bei Schmetterlingspuppen*, 1911.

jaune, bleuit au contact de l'acide sulfurique, bleuit également en présence de la solution aqueuse d'iodure de potassium iodurée, fournit la réaction de Gmélin avec l'acide azotique chargé de vapeurs nitreuses; ce pigment est soluble dans les solvants des corps gras; il est identique à celui qui colore les gouttes de graisses des cellules adipeuses de ces mêmes Insectes: c'est un lipochrome présentant les réactions de la zoonérythrine.

Le substratum des grains pigmentés est, de même que le pigment qu'il dissout, soluble dans les solvants des graisses : éther, chloroforme, sulfure de carbone; soluble également dans les bases: soude, potasse, ammoniaque, les savons alcalins; insoluble dans l'alcool éthylique à 96° et dans l'acétone; il ne se colore pas par le tétraoxyde d'osmium; il est en outre fusible à une douce température; il se répand alors dans tout le protoplasme cellulaire, entraînant avec lui le lipochrome qu'il dissout; l'œnocyte reprend ainsi l'aspect qu'il avait avant la formation des grains pigmentés.

In vitro, les grains pigmentés se colorent électivement par le rouge neutre, le bleu de méthylène et le brun de Bismarck en solutions aqueuses très étendues; ils ne présentent pas à froid de coloration avec le sudan III, le scarlach ou l'alkanine en solutions alcooliques. On obtient les mêmes résultats en faisant ingérer par l'Insecte, avec sa nourriture, ces matières colorantes. Il ne s'agit pas d'excrétion par l'œnocyte, mais simplement de phénomènes de teinture d'une substance lipoïde capable de dissoudre ces colorants.

Les cristaux incolores sont généralement filamenteux, diversement incurvés, rarement lamellés; leur aspect est celui des acides gras.

J'ai observé ces cristaux chez un grand nombre d'Insectes; ils sont entre autres bien visibles chez les œnocytes larvaires âgés des Lépidoptères : *Vanessa Io* Lin., *V. urticæ* Lin., *Arctia villica* Lin., divers *Grapholita* des pois; des Hyménoptères : *Nematus* divers; des Coléoptères : *Phytonomus arator* Lin., divers *Carabidæ;* on les retrouve également à certains états chez les œnocytes imaginaux de Diptères: *Scatophaga stercoraria* Lin., *Scatophaga merdaria* Fabr.; de Coléoptères : *Aphodius fimetarius* Lin., et autres *Aphodius*, *Cetonia aurata* Lin.; d'Orthoptères : *Ephippiger terrestris* Lin., etc.

Au point de vue microchimique, ces œnocytes ne fournissent pas la réaction de la cholestérine ($Io + SO^4H^2$), ni celle de la murexide ($AzO^3H + AzH^3$); ils sont insolubles dans les acides sulfurique, chlorhydrique, azotique, acétique; également insolubles dans les bases (KOH, $NaOH$, AzH^3), les savons alcalins, la solution aqueuse de CO^3Na^2; insolubles dans l'alcool à 96°, dans l'acétone; plus ou moins solubles, le plus

souvent insolubles dans l'alcool potassique à froid; ils sont au contraire très solubles dans l'éther sulfurique, le chloroforme, le xylol; le tétraoxyde d'osmium est sans action sur eux, même après passage à l'alcool; ils ne se colorent pas à froid par le sudan III, le scarlach et l'alkanine en teintures alcooliques ou acétiques; ils sont fusibles à une faible température. Tous ces caractères permettent de considérer ces cristaux comme étant des cristaux de cire. En aucun cas, il ne s'agit d'urates ou de bases puriques.

J'indiquerai dans un prochain Mémoire le résultat des diverses expériences que j'ai entreprises sur les œnocytes des Insectes en vue de rechercher le rôle physiologique de ces cellules qui apparaissent déjà comme des cellules de réserve (glycogène) et cellules à cire.

BACTÉRIOLOGIE. — *Suspension dans l'air des particules virulentes obtenues par la pulvérisation liquide.* Note de M. **P. Chaussé**, présentée par M. E. Roux.

La transmission de la tuberculose par inhalation est expliquée aujourd'hui soit par les particules sèches (Cornet), soit par les particules liquides, ces dernières pouvant être inhalées avant ou après dessiccation dans l'atmosphère (Flügge). Mais, si l'on recherche sur quelles bases reposent l'une et l'autre de ces conceptions, on est frappé de ne voir produire à leur appui aucun document expérimental démonstratif.

Nous proposant de rechercher spécialement les conditions de la contagion par les voies respiratoires, nous avons dû déterminer, au préalable, certaines propriétés des particules obtenues par la pulvérisation liquide. Les notions préliminaires indispensables à une discussion aussi complexe nous ont été fournies par la méthode des pulvérisations colorées : dans une salle de 60^{m^3}, ou dans une autre de 13^{m^3}, nous avons pulvérisé, à l'aide de l'appareil de Richardson, dans des conditions variables, une solution aqueuse de violet de méthyle 6B. On aura une idée de l'énergie mise en œuvre, pour réaliser la division fine du liquide, lorsque nous aurons dit que la vitesse de l'air, calculée d'après le débit et la section de l'orifice pulvérisant, atteint en ce point environ 150^m par seconde. Le jet d'air projette les particules horizontalement; on obtient une projection horizontale et circulaire en faisant mouvoir l'appareil, pendant l'opération, autour d'un axe vertical. Dans nos recherches, la pulvérisation a généralement été pratiquée à 2^m au-dessus du sol.

Les gouttelettes et particules colorées peuvent être recueillies sur des feuilles de papier, sur des lames de verre ou dans des récipients; en les dissolvant par l'alcool, il est possible d'en déterminer la densité dans les diverses parties du local, par le procédé colorimétrique.

1° *Morphologie et dimensions*. — Si l'on recueille les particules sur une lame de verre chauffée, à une faible distance de l'orifice de pulvérisation, de manière à les fixer instantanément, et si on les examine au microscope, on constate qu'on a affaire à des sphérules et non à des vésicules; leurs dimensions varient environ de $2^{\mu\mu}$ à $2000^{\mu\mu}$. Les propriétés de particules aussi différentes par leur masse ne sauraient être identiques.

2° *Transportabilité*. — Au point de vue de la transportabilité, il faut distinguer des particules extrêmement fines ($2^{\mu\mu}$ à $15^{\mu\mu}$), des particules de dimensions moyennes ($15^{\mu\mu}$ à $200^{\mu\mu}$) et des gouttelettes relativement volumineuses ($200^{\mu\mu}$ à $2000^{\mu\mu}$).

Sous l'influence de l'impulsion initiale, les grosses particules sont projetées jusqu'à $1^{m},50$ ou 2^{m}. La vitesse de l'air ayant réalisé la pulvérisation s'abaisse très rapidement; les grosses gouttelettes continuent leur trajet en raison de leur force vive, qui leur permet de franchir rapidement les premières couches aériennes.

Les particules moyennes ont une force vive beaucoup plus faible (on sait que celle-ci est proportionnelle au cube du rayon, tandis que la résistance opposée par l'air est en rapport avec le carré de ce rayon); leur impulsion est bientôt neutralisée par la résistance de l'air et elles tombent à la distance maxima de $1^{m},25$ environ.

Fait qui semble en contradiction avec ce qui précède, les particules les plus fines sont portées aux plus fortes distances : leur masse est à peu près nulle et leur force vive est immédiatement compensée par la résistance de l'air. Pour la même raison, sous l'action de la pesanteur, leur chute est extrêmement lente, et, durant tout ce temps, elles sont transportées par le remous aérien qui se propage dans toutes les directions à partir de l'orifice de pulvérisation. On peut mettre ces particules en évidence jusqu'à la distance de 6^{m} à 10^{m}; ce sont elles qui sont éminemment transportables et intéressantes au point de vue des virus.

La méthode colorimétrique montre en outre la décroissance rapide de la densité des particules très fines à partir de la source d'émission.

3° *Temps de suspension déterminé par la méthode colorimétrique*. — Pour

déterminer le temps de suspension, nous avons disposé, dans notre local de 13^{m^3}, un pulvérisateur central et tournant, à une hauteur de 2^m. Sous celui-ci, à diverses distances, étaient des récipients en verre recevant la pulvérisation totale, tandis que d'autres récipients semblables, enfermés dans des boîtes métalliques étanches, pouvaient être découverts de l'extérieur un certain temps après la pulvérisation, de façon à recevoir ce qui restait en suspension.

De cette hauteur on constate que toutes les particules de $200^{\mu\mu}$ à $2000^{\mu\mu}$ tombent en 5 secondes au plus; après 40 à 60 secondes, il ne reste que les particules extrêmement fines.

La méthode colorimétrique permet enfin d'exprimer, par rapport à la quantité totale pulvérisée, la proportion de couleur restant suspendue après divers délais, jusque vers la deuxième heure qui suit la dispersion du liquide coloré. La quantité suspendue est :

Après 1 minute....	$\frac{1}{12}$	Après 40 minutes...	$\frac{1}{400}$
» 5 minutes...	$\frac{1}{18}$	» 60 » ...	$\frac{1}{1004}$
» 10 » ...	$\frac{1}{55}$	» 80 » ...	$\frac{1}{1700}$
» 20 » ...	$\frac{1}{108}$	» 100 » ...	$\frac{1}{3000}$

Au delà de ce délai la colorimétrie ne décèle plus aucune trace de couleur, et l'on peut croire que tout le produit est déposé.

4° *Temps de suspension déterminé avec le virus tuberculeux.* — Nous avons pulvérisé à diverses reprises, dans le même local et avec le même dispositif, du virus tuberculeux dilué; des cobayes ont reçu la pulvérisation totale tandis que d'autres, renfermés dans des boîtes étanches et ouvrables de l'extérieur, étaient exposés à divers délais après la pulvérisation.

Par ce moyen nous avons constaté qu'il faut attendre environ 7 heures pour que les cobayes, exposés à respirer l'air précédemment pollué, restent sains.

5° *Rapports entre le temps de suspension et la transportabilité.* — Le temps de suspension prolongé et la grande transportabilité sont dus à la dessiccation instantanée des particules extrêmement fines; la masse de celles-ci, déjà très faible, se trouve encore réduite du fait de l'évaporation du liquide. C'est pourquoi lesdites particules franchissent si difficilement les couches aériennes et se déposent avec une lenteur extrême; c'est pourquoi aussi elles sont mobilisables par le moindre courant aérien; elles pourront donc être transportées à des distances considérables et répandre la contagion; mais ici la dilution intervient pour diminuer le danger.

En ce qui concerne le virus tuberculeux, les particules transportables et douées de la plus grande flottabilité sont en réalité des bacilles à peu près isolés; pour se prononcer sur les modes de la contagion de cette affection, il faut rechercher si le malade peut répandre de telles particules.

Les propriétés que nous venons d'indiquer s'appliquent d'autre part aux particules inertes et à tous les virus, mais particulièrement aux germes pathogènes par inhalation.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Recherches sur le* Proteus vulgaris *considéré comme producteur d'indol.* Note de M. **Albert Berthelot**, présentée par M. Roux.

Jusqu'en 1906, la faculté de produire de l'indol dans les milieux de culture convenablement choisis a toujours été considéré comme un caractère constant du *Proteus vulgaris* Hauser. F. A. Steensma observa le premier que le distillat des cultures de certaines races ne contenait pas d'indol, alors que les cultures mêmes prenaient une coloration rose par addition de nitrite de potassium et d'acide sulfurique.

Cinq ans après C. A. Herter et C. Ten Broeck, après avoir examiné seulement deux échantillons, indiquèrent que le *Proteus* produit à la fois de l'indol et de l'acide indolacétique; dans un travail paru à peu près à la même époque, Cantù considère simplement ce microbe comme un producteur d'indol et, bien qu'il en ait étudié plus de 180 échantillons, il ne dit pas en avoir trouvé qui n'ait pas ce caractère. En 1912, L. Gauthier, se basant sur l'examen de deux races, publia que les cultures de *Proteus* dans une solution de peptone pancréatique contiennent toujours de l'indol au bout de 12 heures. Enfin, quelques mois plus tard, J. J. van Loghem et J. C. W. van Loghem Pouw, après avoir étudié 30 échantillons, confirmèrent les résultats obtenus par Steensma et crurent bien faire de considérer comme représentants d'une espèce à part, *Bacillus proteus anindologenes*, les *Proteus* ne donnant pas d'indol.

En présence d'une telle confusion il m'a semblé utile de déterminer, d'une manière aussi précise que possible, quelle est la valeur réelle de la fonction indologène comme caractère spécifique du *Proteus vulgaris*. J'exposerai en détail, dans les *Annales de l'Institut Pasteur*, les méthodes de recherches que j'ai utilisées; je me contenterai d'indiquer ici que j'ai surtout employé comme milieu de culture un liquide nutritif à base de sels, de tryptophane et de gélatine ([1]), et que, bien entendu, je n'ai jamais

([1]) Albert Berthelot, *Sur l'emploi de milieux chimiquement définis à base de tryptophane* (*Comptes rendus Soc. de Biologie*, 20 avril 1912).

caractérisé définitivement les corps indoliques qu'après les avoir extraits des cultures.

Grâce à la bienveillance de M. Metchnikoff et à l'obligeance de MM. D. Bertrand, Fosse, Legroux et Tissier, j'ai pu examiner 37 échantillons de *Proteus vulgaris* Hauser bien authentiques et provenant d'origines diverses.

Sur des cultures en solutions de peptones pancréatiques de viande ou de caséine, j'ai d'abord constaté que 24 *Proteus* seulement produisaient de l'indol; les autres n'en donnaient point, même au bout de 8 jours de séjour à 37°; mais, par contre, les cultures de quelques-unes de ces dernières races donnaient, au deuxième jour, la réaction colorée qui avait intrigué Steensma et qui est due, comme l'avait bien vu Herter, à la présence d'acide indolacétique. En substituant à la peptone l'ensemble des produits abiurétiques d'hydrolyse acide de la caséine, les résultats ont été les mêmes en ce qui concerne la production d'indol, mais la proportion de corps indoliques était dans tous les cas beaucoup plus grande en même temps que s'accroissait le nombre des échantillons producteurs d'acide indolacétique.

Ceci établi, grâce à un milieu préparé avec du tryptophane très pur que je devais à l'amabilité de M. Hoffmann-La Roche, j'ai pu constater que les *Proteus* qui ne donnaient pas d'indol avaient tous produit de l'acide indolacétique au bout de 4 jours de culture. De plus, j'ai observé que si l'on extrait l'indol des cultures de tous les échantillons qui en produisent, on peut y caractériser ensuite l'acide indolacétique.

Au début de 1912, ayant étudié 24 *Proteus* de diarrhées infantiles, et les ayant de nouveau examinés, dans les mêmes conditions, 8 mois après, j'ai constaté que certains qui produisaient de l'indol ne donnaient plus que de l'acide indolacétique, tandis que d'autres, qui ne donnaient que de ce dernier corps, étaient devenus producteurs d'indol.

Cette variabilité d'action m'a conduit à examiner plus complètement à ce point de vue 6 échantillons pris au hasard et j'ai vu que les variations qui se produisent après de nombreux passages en milieux usuels peuvent être réalisées rapidement dans certaines conditions de culture. En effet, sur une solution de peptone pancréatique à 3 pour 100 des *Proteus* précédemment producteurs d'indol n'ont donné que de l'acide indolacétique, même après 15 jours; au contraire des *Proteus* n'ayant jamais donné d'indol en ont produit au bout de quelques jours dans mon milieu spécial, ne contenant comme sources d'azote qu'une petite quantité de gélatine et 1 à 2 pour 1000

de tryptophane, ainsi que dans une solution de l'ensemble des acides aminés de la caséine. De plus, en laissant séjourner à 37° ces dernières cultures sur tryptophane, je n'y ai plus trouvé au bout de 15 jours que des traces d'acide indolacétique, mais une très forte proportion d'indol avec une faible quantité d'acide indolcarbonique.

Par le même mécanisme que les autres *aérobies* étudiés par Hopkins et Cole, le *P. vulgaris* attaque donc le tryptophane en donnant une série de produits dont la dégradation plus ou moins avancée marque l'intensité de son action sur la molécule aminoïque. Dans certaines cultures très âgées, on peut ne trouver que de l'indol; dans d'autres, en général assez jeunes, il n'y a que de l'acide indolacétique; mais, ce que l'on rencontre le plus souvent, c'est à la fois de l'indol et de l'acide indolacétique. L'action du *Proteus* étant variable non seulement avec les divers échantillons, mais même pour une race donnée, il est impossible de se baser sur la présence ou l'absence d'indol dans les cultures de ce microbe pour le différencier des autres espèces.

Autant que l'on puisse conclure de l'examen de 57 races, tous les *Proteus vulgaris* Hauser sont capables d'attaquer le tryptophane et de produire aux dépens de cet acide aminé au moins de l'acide indol-3-acétique. L'espèce *Bacillus proteus anindologenes* n'a aucune raison d'être et l'on doit considérer comme *Proteus vulgaris* Hauser tout microbe possédant, avec les autres caractères de cette espèce, la propriété de donner, dans un milieu convenablement choisi, soit de l'indol, soit de l'acide indolacétique, ou bien un mélange de ces deux corps.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Données nouvelles sur la réversibilité de l'action fermentaire de l'émulsine.* Note de MM. **Em. Bourquelot** et **J. Coirre**, présentée par M. E. Jungfleisch.

La réversibilité des actions fermentaires, qui, jusqu'à ces derniers temps, apparaissait encore comme insuffisamment démontrée, présente un trop grand intérêt en physiologie générale pour que l'on ne cherche pas à accumuler à l'appui de cette théorie toutes les preuves que l'expérience est susceptible de nous fournir.

Comme l'a démontré l'un de nous, en collaboration avec M. Bridel ([1]), si l'on fait

([1]) *Comptes rendus*, séance du 22 juillet 1912, p. 321.

agir dans l'alcool à 85° de l'émulsine des amandes, d'une part sur l'éthylglucoside β, d'autre part sur du glucose *d*, il est facile de se rendre compte que la rotation gauche de la solution de l'éthylglucoside va vers la droite, tandis que la rotation droite de la solution de glucose s'abaisse vers la gauche. Or, si l'on a pris soin de préparer les mélanges en expérience de façon que la proportion d'éthylglucoside corresponde exactement à celle du glucose, on verra, au bout de quelque temps, les deux rotations s'arrêter au même point, la rotation finale des deux solutions étant toujours la même pour des concentrations semblables. Il se produit donc un état d'équilibre identique dans les deux cas, ce qui tend bien à prouver que c'est le même ferment qui provoque l'action synthétisante et l'action hydrolysante.

Dans des expériences récentes (¹), MM. Bourquelot, Hérissey et Bridel ont montré que le pouvoir synthétisant de la levure de fermentation basse, desséchée à l'air, qui effectue la synthèse biochimique du méthylglucoside α, est détruit dans un alcool méthylique d'un degré supérieur à 40°; mais, corrélativement, ils ont observé que le pouvoir hydrolysant de cette levure sur le même méthylglucoside est également détruit dans le même alcool. Il semble donc bien que l'on puisse encore affirmer que, dans ces expériences, c'est le même ferment qui agit comme synthétisant et comme hydrolysant.

En réalité, il existe un état d'équilibre correspondant à une réaction déterminée, et cet état d'équilibre, variable pour les différents titres alcooliques, est fixe d'une expérience à l'autre, lorsque la composition du milieu reste la même.

Montrer maintenant que cet état d'équilibre est indépendant de la quantité d'émulsine mise en œuvre, c'est apporter une preuve de plus à la réversibilité.

D'expériences méthodiques que nous poursuivons, nous extrayons les résultats suivants qui ont été obtenus dans des essais effectués, d'une part, en faisant agir $0^g,20$ d'émulsine sur une solution de 1^g environ de glucose pour 100^{cm^3} d'alcool éthylique à divers titres, et, d'autre part, $0^g,40$ d'émulsine sur des échantillons identiques, toutes autres conditions étant les mêmes. Bien que, seule, l'expérience faite au point de vue de la synthèse ait été réalisée, il est évident, d'après les essais faits précédemment (²), que la réaction hydrolysante se serait arrêtée au même point; aussi, pouvons-nous valablement considérer que les déviations polarimétriques observées à l'arrêt de l'action synthétisante représentent l'état d'équilibre dans les différents milieux alcooliques étudiés.

Nos essais ont été faits à 30° : cette température, comme d'autres essais

(¹) *Comptes rendus*, séance du 10 février 1913, p. 492.

(²) Ém. Bourquelot et M. Bridel, *Comptes rendus*, 22 juillet 1912, p. 321.

spéciaux nous l'ont montré, permettant d'effectuer la synthèse plus rapidement.

Nous ne mentionnons ici que les chiffres exprimant les rotations observées à l'arrêt de la réaction ([1]).

Beaucoup d'autres expériences, qui seront publiées ultérieurement en détail, nous ont conduits, d'ailleurs, à des résultats exactement superposables à ceux que nous exposons ici.

L'émulsine provoquant, dans les alcools faibles, une légère action lévogyre par suite de sa dissolution partielle, nous en avons tenu compte dans les résultats.

Les différences des rotations initiales s'expliquent par ce fait que le pouvoir rotatoire du glucose dans l'alcool s'élève légèrement avec le degré alcoolique, et que, en outre, on n'a pas cherché à peser le glucose avec une extrême précision; il était surtout important d'avoir le même point de départ, et c'est ce que nous avons obtenu en faisant, pour chaque degré alcoolique, une solution mère commune aux deux essais.

Titre alcoolique.	Déviation initiale.	Déviation finale. Émulsine 0g,20.	Déviation finale. Émulsine 0g,10.	Durée de l'expérience ([2]).
c	° ′	° ′	° ′	
10.........	+ 0.58	+ 0.50	+ 0.50	4 jours
20.........	+ 1. 2	+ 0.46	+ 0.44	4 »
30.........	+ 1. 4	+ 0.36	+ 0.36	8 »
40.........	+ 1. 6	+ 0.30	+ 0.30	8 »
50.........	+ 1. 6	+ 0.20	+ 0.20	12 »
60.........	+ 1. 8	+ 0.14	+ 0.14	12 »
70.........	+ 1. 8	+ 0. 2	+ 0. 2	12 »
80.........	+ 1.10	— 0.14	— 0.10	12 »
90.........	+ 1.10	— 0.30	— 0.30	12 »
95.........	+ 1.10	— 0.40	— 0.40	36 »

Ces résultats, que l'on peut considérer comme parfaitement identiques, montrent qu'une quantité double d'émulsine ne fait pas varier l'état d'équilibre dans un milieu donné, et que cet état d'équilibre ne dépend, comme on l'a déjà dit, que des proportions des composants du glucoside qui sont dans la liqueur : dans l'espèce, des proportions de l'alcool seulement.

Il est juste d'ajouter que, seule, la vitesse de la réaction est influencée

---

([1]) Résultats fournis par trois lectures identiques faites à quatre jours d'intervalle.

([2]) Ces chiffres sont des chiffres maximum, puisque, dans ces essais, les lectures étaient faites tous les quatre jours.

par la quantité d'émulsine. On eût pu se rendre compte, si la place nous avait permis de publier le détail de nos Tableaux, que la réaction, dans les premiers jours, marche plus vite avec 0g,40 d'émulsine, mais que bientôt elle se ralentit et se trouve rejointe par celle des échantillons ne contenant que 0g,20 d'émulsine.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la synthèse des sucres par les émanations radioactives.* Note de MM. **J. Stoklasa**, **J. Sebor** et **V. Zdobnicky**, présentée par M. L. Maquenne.

Dans nos travaux précédents nous avons établi que sous l'action des rayons ultraviolets il se forme des sucres, aldoses et cétoses, lorsqu'on met l'acide carbonique en présence de l'hydrogène naissant (1); la production des sucres a lieu, en particulier, pendant l'action des rayons ultraviolets sur le bicarbonate de potassium.

Étant donné qu'au point de vue physiologique les rayons ultraviolets ressemblent beaucoup aux émanations radioactives, il était du plus haut intérêt de rechercher si, toutes conditions égales d'ailleurs, on n'observerait pas aussi une production de sucres synthétiques en faisant agir l'émanation du radium sur l'acide carbonique en présence d'hydrogène.

Pour le savoir nous avons fait à la fabrique de radium de Joachimsthal, avec l'autorisation de S. E. le Ministre Dr Trnka, un essai qui a duré 148 heures.

L'acide carbonique était envoyé à travers deux flacons laveurs contenant ensemble 0g,496 de chlorure de radium, en dissolution dans 1l d'eau. Ces deux flacons saturés d'émanation par un tube en serpentin percé de petits trous furent enfermés dans un vase clos contenant de l'alliage de Dewar (2).

On fit alors couler goutte à goutte dans ce vase, par un tube débouchant à 1cm du fond, une solution de potasse à 7 pour 100.

Après 12 heures on a enlevé le liquide contenu dans le vase et on l'a remplacé par de la potasse neuve; il en est résulté un vif dégagement d'hydrogène et en même temps la plus grande partie de la formaldéhyde produite fut absorbée.

A côté du vase où se produisait la réaction, on disposa un flacon préalablement rempli de solution de Feder (solution alcaline de bichlorure de mercure sulfité), dans laquelle la formaldéhyde dégagée détermina une

(1) Stoklasa et Zdobnicky, *Comptes rendus de l'Académie impériale des Sciences de Vienne*, t. CXIX, 1910. — Stoklasa, Sebor et Zdobnicky, *Bioch. Zeitschrift*, t. XLI, 1912.

(2) Aluminium, cuivre et zinc.

séparation de mercure. Après la réaction on sépara les liquides et l'alliage de Deward fut chauffé avec de l'eau; la liqueur, légèrement acidulée par l'acide phosphorique et traitée par l'alcool pour séparer les sels alcalins, devint brune pendant l'évaporation par suite d'une formation assez importante de caramel.

Dans la solution primitive on ne put caractériser la présence de l'acide formique par NO^3Ag, mais le liquide réduisait fortement le réactif d'Allihn : avec 10^{cm^3} de solution on sépara 67^{mg} de cuivre, ce qui correspondrait à $34^{mg},3$ de glucose, soit $0^g,686$ de matière réductrice, calculée en glucose, pour la totalité du liquide.

En chauffant la solution avec de l'acétate de soude et du chlorhydrate de phénylhydrazine, on obtint un mélange d'osazones qui, recristallisées dans l'alcool à 60° et dans l'acétone, se sont séparées en deux parties, dont la moins soluble fondait à 198°-199° et l'autre à 178°.

Dans la seconde portion du liquide on obtint une matière cristallisée jaune orange fusible vers 200° qui, d'après l'examen microscopique, était formée d'aiguilles groupées en pinceaux et de fragments brisés de façon irrégulière : la matière n'était pas de composition homogène.

Le premier de ces produits fut analysé par la méthode de Dumas : on y trouva 15,67 pour 100 d'azote, la théorie pour une hexosazone étant 15,64.

En vue de rechercher les pentoses, 25^{cm^3} de solution ont été distillés avec de l'acide chlorhydrique à 12 pour 100. L'odeur du distillat rappelait celle du furfurol et la phloroglucine y produisit, d'abord une coloration brun rouge, puis un précipité qui, après 12 heures, a été filtré dans un creuset de Gooch : il pesait 77^{mg}, ce qui établit nettement la présence d'un pentose.

Pour rechercher les cétoses on traita encore 25^{cm^3} de solution par la méthylphénylhydrazine : après 10 minutes de chauffe au bain-marie la liqueur se troubla fortement; mais il a été impossible de séparer de la matière précipitée et redissoute dans l'alcool aucun produit cristallisé.

L'examen polarimétrique de la solution sucrée dans un tube de 20^{cm} de longueur, avec l'appareil Soleil-Ventzke, a donné une rotation de $+0°,35$, ce qui correspond à un pouvoir rotatoire de $[\alpha]_D = 17°,58$, calculé d'après la quantité de substance réductrice [1].

---

(1) Il est regrettable que les auteurs n'insistent pas davantage sur cette particularité, car la production d'une substance active, dans les circonstances indiquées plus haut, paraît *a priori* plutôt anormale. L. M.

Avec l'alcool, l'acide sulfurique et une solution de naphtol, il s'est produit une coloration violette; enfin, déduction faite des cendres, on trouva que pour 100 parties de matière organique formée il y avait :

Matière réductrice	51,05
Matière non réductrice	48,95

Ainsi il est établi que sous l'influence de l'émanation du radium l'hydrogène et l'acide carbonique, en présence du bicarbonate de potassium, réagissent pour former de l'aldéhyde formique qui, au contact de la potasse, se polymérise et donne des sucres réducteurs.

Nous rappellerons qu'on n'a pas réussi à caractériser dans cette réaction la production de formiates.

M. **Émile Staïco** adresse un *Essai théorique sur la mécanique de la magnetochimie.*

(Renvoi à l'examen de M. Amagat.)

Divers auteurs adressent des Notes relatives à la *Baguette divinatoire.*

(Renvoi à la Commission précédemment nommée.)

COMMISSIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination de Commissions de prix, chargées de juger les concours de l'année 1913.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

Prix Saintour (Sciences mathématiques). — MM. Jordan, Darboux, Boussinesq, Lippmann, Émile Picard, Léauté, Appell.

Ont obtenu ensuite le plus de voix : MM. Humbert, Hadamard.

Prix Henri de Parville (Ouvrage de Science). — MM. Guyon, Appell, Darboux, Ph. van Tieghem, Émile Picard, Gautier, Alfred Picard.

Ont obtenu ensuite le plus de voix : MM. Violle, Perrier, Carnot.

Prix Fanny Emden. — MM. Bouchard, Guyon, Perrier, D'Arsonval, Émile Roux, Laveran, Dastre.

Ont obtenu ensuite le plus de voix : MM. Delage, Lucas-Championnière.

Prix Petit d'Ormoy (Sciences mathématiques pures ou appliquées). — MM. Jordan, Darboux, Boussinesq, Émile Picard, Appell, Painlevé, Humbert.

Ont obtenu ensuite le plus de voix : MM. Grandidier, Léauté.

Prix Petit d'Ormoy (Sciences naturelles). — MM. Ph. van Tieghem, Guignard, Émile Roux, Bouvier, Dastre, Douvillé, Termier.

Ont obtenu ensuite le plus de voix : MM. Perrier, Delage.

Prix Pierson-Perrin. — MM. Boussinesq, Lippmann, Violle, Amagat, Vieille, Villard, Lecornu.

Ont obtenu ensuite le plus de voix : MM. Léauté, Branly.

Prix Parkin. — MM. Bouchard, Guyon, Émile Roux, Guignard, Lacroix, Dastre, Termier.

Ont obtenu ensuite le plus de voix : MM. Laveran, Douvillé.

Prix Estrade-Delcros. — MM. Darboux, Lippmann, Armand Gautier, Émile Picard, Guignard, Haller, Deslandres.

Ont obtenu ensuite le plus de voix : MM. Lacroix, Baillaud.

Prix Danton. — MM. Lippmann, Violle, Amagat, Bouty, Villard, Branly, Moureu.

Ont obtenu ensuite le plus de voix : MM. d'Arsonval, Vieille.

L'Académie procède également, par la voix du scrutin, à la nomination de la Commission chargée de présenter une *question de prix Bordin* (Sciences physiques), pour l'année 1916.

Ont été nommés membres de cette Commission : MM. Ph. van Tieghem, Schlœsing père, Bouchard, Gautier, Perrier, Guignard, Lacroix.

Ont obtenu ensuite le plus de voix : MM. Bouvier, Dastre.

A 4 heures et quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures et demie.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 17 FÉVRIER 1913.

Rotation de l'ellipsoïde hétérogène et figure exacte de la Terre, par ALEX. VÉRONNET. Paris, Gauthier-Villars, 1912; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. C. Jordan.)

La théorie du rayonnement et les quanta. Rapports et discussions de la Réunion tenue à Bruxelles, du 30 octobre au 3 novembre 1911, sous les auspices de M. E. SOLVAY, publiés par MM. P. LANGEVIN et M. DE BROGLIE. Paris, Gauthier-Villars, 1912; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Lippmann.)

Les Zoocécidies du nord de l'Afrique, par C. HOUARD. (Extr. des *Annales de la Société d'Entomologie de France;* t. LXXXI, année 1912.) Paris, 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Bouvier.)

Les Cynipides et leurs galles, d'après le cahier de notes du Dr JULES GIRAUD, par C. HOUARD. (Extr. des *Nouvelles Archives du Muséum*, 5e série, t. III, 1911.) Paris, Masson et Cie; 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. Bouvier.)

Mission Gruvel sur la Côte occidentale d'Afrique (1909-1910). — *Les Crustacés comestibles de la Côte occidentale d'Afrique*, par A. GRUVEL. (Extr. des *Annales de l'Institut océanographique;* t. V, fasc. 1). Paris, Masson et Cie, 1912; 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. Bouvier.)

Mollusques marins, par PH. DAUTZENBERGER; *terrestres*, par L. GERMAIN; *comestibles ou industriels*, par A. GRUVEL. [*Annales de l'Institut océanographique;* t. V, fasc. 3 : *Mission Gruvel sur la Côte occidentale d'Afrique* (1909-1910).] Paris, Masson et Cie, 1912; 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. Bouvier.)

Annales du Musée colonial de Marseille, publiées sous la direction de M. ÉDOUARD HECKEL; 20e année, 2e série, 10e volume, 1912. Marseille, Musée colonial, 1912; 1 vol. in-8°. (Hommage de M. Heckel.)

Notice sur les travaux scientifiques de M. ANDRÉ BLONDEL. Paris, Gauthier-Villars, 1911; 1 fasc. in-4°.

Exposé sur les travaux scientifiques du Dr LANDOUZY; octobre 1910. Paris, Masson et Cie, 1910; 1 vol. in-4°.

Notice sur les travaux scientifiques de M. ÉDOUARD-ALFRED MARTEL. Paris, Masson et Cie, 1911; 1 fasc. in-4°.

Memoirs of the Department of Agriculture in India : Entomological series; t. IV, n° 4; *Lief-histories of Indian Insects. Hymenoptera*, by GOBIND RAM DUTT. Calcutta, octobre 1912; 1 fasc. in-8°.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 MARS 1913.

PRÉSIDENCE DE M. F. GUYON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Sur les publications de certains travaux de l'Observatoire de Paris.* Note de M. **B. Baillaud.**

Le Volume des *Observations de* 1906 que j'ai l'honneur de déposer sur le Bureau de l'Académie est composé comme ceux des années précédentes. Il contient la suite des observations, au grand cercle méridien et aux instruments de Gambey, des étoiles de repère destinées à la réduction des clichés du Catalogue photographique exécutés à Paris; deux observations d'une comète faites à l'équatorial de la tour de l'Est; la suite des observations de nébuleuses faites à l'équatorial de la tour de l'Ouest par notre confrère M. Bigourdan. En outre, on a inséré dans ce Volume un recueil de Tables destinées à faciliter la réduction des observations méridiennes. Ce recueil a été préparé par M. Boquet. Les Tables de réfraction sont tirées de celles de Radau, un peu modifiées par l'adoption de la constante de la réfraction 60″,153 donnée par Bauschinger d'après huit déterminations modernes. A la suite de ces Tables et avec une pagination différente, on a reproduit le recueil de Tables usuelles qui a été en usage pendant une trentaine d'années à l'Observatoire, mais qui n'avait jamais été inséré au complet dans les *Annales*.

La publication du Volume d'*Observations de* 1906 marquera un arrêt dans l'impression des Volumes du même type. Il y a encore trois Volumes arriérés, 1894, 1895, 1896. De plus, les observations des étoiles de repère ont été poursuivies jusqu'en 1912, et il semble que la symétrie exige que

les trois Volumes arriérés et les six Volumes, 1907 à 1912, soient imprimés suivant le même plan. Après quoi, un changement important s'imposera par suite des modifications survenues dans l'orientation des travaux de l'Observatoire, modifications qui imposent une publication aussi rapide que possible, en forme définitive, des résultats obtenus.

Mais la même nécessité se présente pour les travaux antérieurs. L'achèvement et la publication du Catalogue des étoiles de Lalande et du Catalogue des étoiles de repère doivent être terminés dans le plus bref délai possible. Un très grand effort est fait dans ce sens, et nous espérons que ces deux Catalogues, et aussi bien le Catalogue photographique de la zone de Paris, seront terminés dans six années. C'est ensuite que l'on pourra s'occuper de publier à titre documentaire les neuf Volumes d'observations arriérés. Ce ne sera plus qu'une question de typographie. On peut regretter ce retard; mais si la libéralité de l'État nous permet de terminer rapidement les deux Catalogues méridiens, il nous est impossible de faire plus et, en vérité, l'ajournement de l'impression des observations isolées que nous pourrons, plus tard, faire sur nos ressources ordinaires, n'a pas de très grands inconvénients. Je saisis cette occasion de remercier le Conseil de l'Observatoire, les Administrateurs et les Ministres auxquels nous devons les ressources qui nous permettront de terminer promptement les trois Catalogues entrepris depuis si longtemps.

J'ai aussi l'honneur de présenter à l'Académie le résultat de la détermination faite, dans le courant de 1912, de la différence de longitude entre l'Observatoire de Paris et l'Observatoire royal de Belgique, à Uccle-Bruxelles. Cette opération a été entreprise sur l'initiative de M. Lecointe, directeur scientifique de ce dernier observatoire, qui a proposé d'employer à la fois la télégraphie sans fil et la télégraphie ordinaire. M. Renan, chef du service des longitudes à l'Observatoire de Paris, a fait modifier en conséquence et simplifié les Tables chronographiques de Lœwy. Les observateurs ont été M. Delporte, astronome adjoint à l'Observatoire d'Uccle, et M. Viennet, astronome adjoint à l'Observatoire de Paris. L'écart entre les résultats obtenus par les deux méthodes a été de $0^s,011$; l'erreur moyenne des résultats définitifs a été $0^s,006$ par télégraphie sans fil, $0^s,007$ par télégraphie ordinaire. La moyenne des deux résultats donne $8^m 5^s,12$ pour la différence de longitude entre la méridienne de Cassini, à Paris, et le centre du cercle méridien de Repsold à Uccle.

Dans une Note rédigée par M. Renan et que je dépose sur le Bureau de l'Académie, sont donnés quelques détails sur l'opération. Je tiens à remer-

cier ici tout d'abord M. Lecointe pour le concours si précieux qu'il nous a prêté avec tant de complaisance; pour les facilités de toutes sortes qu'il a données aux deux observateurs. J'adresse aussi une fois de plus nos remercîments à M. le commandant Ferrié et au Service radiotélégraphique de la tour Eiffel qui ont assuré l'envoi des signaux de la façon la plus parfaite. Le Mémoire qui contiendra tous les détails de l'opération est rédigé par MM. Renan, Delporte et Viennet; ce Mémoire, qui est à peu près terminé, sera publié à très bref délai par l'Observatoire royal de Belgique dans ses *Annales*. Nous exprimons notre reconnaissance à M. Lecointe pour cette libérale hospitalité.

MINÉRALOGIE. — *La constitution minéralogique de l'archipel de Los (Guinée)*. Note de M. A. Lacroix.

Au cours des années précédentes, j'ai étudié et décrit de nombreuses roches intéressantes de Guinée qui m'ont été communiquées par plusieurs administrateurs, explorateurs ou officiers. Il restait à déterminer sur le terrain les conditions de gisement et les relations mutuelles de ces roches, dont quelques-unes sont extrêmement remarquables.

Grâce aux facilités qu'a bien voulu mettre à ma disposition M. W. Ponty, gouverneur général de l'Afrique occidentale, j'ai pu entreprendre ce travail; je profite des loisirs de la monotone descente du Niger pour signaler à l'Académie quelques résultats de mon exploration de l'archipel de Los, qui était l'un des principaux objets de mon voyage. J'y ai été accompagné par un de mes anciens élèves, M. Henry Hubert, administrateur des Colonies.

L'archipel de Los, situé vis-à-vis Conakry, est essentiellement constitué par deux îles, Kassa et Tamara, en forme de croissant, qui dessinent un cercle presque régulier, par suite de l'existence de plusieurs îlots, l'îlot du Cabri et l'île Blanche à l'extrémité méridionale de Kassa, l'île de Corail sur le prolongement sud de Tamara ; une île (Roume), de moindre importance que les deux principales, est encerclée par celles-ci.

La constitution de cet archipel présente le contraste le plus frappant qu'il soit possible d'imaginer avec celle du continent voisin. Tandis que dans ce dernier abondent des roches éruptives basiques de nature subalcaline (gabbros, diabases et quelques péridotites), associées à des schistes cristallins,

les îles de Los sont exclusivement constituées par des roches alcalines, presque toutes leucocrates (syénites néphéliniques, etc.).

J'ai montré antérieurement [1] que ces syénites peuvent être réparties en deux séries : l'une, légèrement calcique, est caractérisée par une amphibole noire, oscillant entre la barkévicite et la hastingsite ; l'autre plus pauvre en chaux encore, renferme d'une façon constante de l'ægyrine ; son amphibole est de l'arfvedsonite.

Je me suis proposé surtout de rechercher les relations géologiques existant entre ces deux séries ainsi que le mode de gisement de chacun de leurs types et aussi d'étudier le rôle de roches spéciales que j'ai attribuées, à cause de leur structure et de leur composition, soit à des faciès de variation des types principaux, soit à des filons distincts. Voici le résumé de mes observations sur ces diverses questions :

Si l'on met à part l'île Roume, dont il sera parlé plus loin, les roches dominantes dans l'archipel sont celles à amphibole noire : des syénites, dans lesquelles la néphéline est plus ou moins complètement remplacée par de la haüyne, constituent non pas des massifs distincts, mais des faciès de variation des types prédominants qui sont uniquement néphéliniques. Peut-être en est-il de même pour un petit affleurement de pulaskite, situé sur la côte nord de l'île de Corail et qui m'a paru former une traînée plutôt qu'un filon au milieu de la syénite à haüyne.

A cause de la brousse épaisse et de l'intensité de la latéritisation, nous n'avons pu toucher aucun contact entre la syénite normale et la microsyénite à haüyne (Robané), pas plus qu'avec la micromonzonite à haüyne de Kassa, mais la disposition de ces roches rend vraisemblable l'hypothèse de gros dykes traversant la syénite à grands éléments.

Des microsyénites, des aplites et des pegmatites néphéliniques abondent au milieu de la syénite à amphibole. Dans bien des cas, ces roches n'en sont certainement que des faciès de variation (taches ou traînées irrégulières), mais elles forment aussi des filons incontestables, sans que ces diverses modalités de gisement soient caractérisées par des différences structurelles systématiques. Au point de vue minéralogique, il y a lieu de signaler que les filons pegmatiques sont souvent plus riches en néphéline que la roche traversée. Les aplites et les pegmatites néphéliniques se coupent mutuellement ou sont associées d'une façon irrégulière dans un même filon.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 141, 1905, p. 984 ; t. 142, 1906, p. 681 ; t. 146, 1908, p. 213, et *Nouvelles Arch. Muséum*, t. III, 1911, p. 1-132, *Pl. I-X*.

A l'extrémité méridionale de Tamara seulement, aux pointes Topsail et Serand, se trouvent des roches basiques, riches en amphibole noire (camptonites, monchiquites, microshonkinites et à l'île de Corail, microgabbro essexitique). Elles ne forment que des filons minces (de quelques centimètres à un peu moins d'un mètre de puissance). Ils coupent les pegmatites ou sont traversés par celles-ci. La mise en place de toutes ces roches filoniennes doit donc être considérée comme sensiblement contemporaine. Dans la même région, se trouvent aussi et sous la même forme quelques tinguaïtes.

Partout où un contact net a pu être vu, les syénites à ægyrine apparaissent comme postérieures aux syénites à amphibole (Rofaré à Tamara, Est de Kassa, îlot du Corail). Les filons leucocrates, qui leur sont associés, permettent de constater une union encore plus intime que dans les roches à amphibole, entre les formes aplitiques et pegmatiques. A Rofaré, en particulier, des filons rubanés résultent de l'alternance plusieurs fois répétée de ces deux types.

A Kassa, nous avons rencontré des filons à disposition symétrique, différant de tout ce que j'ai vu jusqu'à présent. Quelques-uns d'entre eux sont essentiellement formés par une bordure extérieure très riche en aiguilles d'ægyrine de 7^{cm} à 8^{cm} de longueur, implantées perpendiculairement aux épontes, alors que la partie axiale consiste en une pegmatite leucocrate à grands éléments; cette zone centrale est peu développée ou prédominante et, dans ce dernier cas, la néphéline y est parfois accompagnée de cristaux de sodalite bleue de plusieurs centimètres de diamètre. Dans quelques autres filons, cet ordre est renversé, l'ægyrine est localisée dans la partie centrale, mais alors elle ne forme que de petits cristaux enchevêtrés.

L'île Roume est exclusivement constituée par un type spécial de syénite néphélinique (à structure foyaïtique), dont les éléments colorés sont la låvénite, l'astrophyllite, l'ægyrine et l'arfvedsonite, avec en outre, comme élément le plus récent, le fluorure de sodium, que j'ai décrit antérieurement sous le nom de villiaumite et qui n'est connu que là. J'ai recueilli de beaux échantillons de ce minéral dans des veinules à plus gros éléments traversant une syénite à grain fin et j'ai pu trouver la preuve que, selon mes prévisions, beaucoup de cavités miarolitiques de la syénite ont été originellement remplies par la villiaumite enlevée aux affleurements par dissolution.

Je me suis attaché à l'étude des faciès de variation si remarquables que présente la roche normale de Roume et à rechercher s'ils sont accompagnés

de véritables filons pegmatiques. Ces derniers existent bien, mais ils sont exceptionnels et de composition assez variée. Un petit nombre d'entre eux possèdent la structure grenue et sont très hétérogènes; parfois riches en gros cristaux d'eudialyte, d'astrophyllite, d'ægyrine, etc., plus souvent ils possèdent une structure foyaïtique et une composition minéralogique simples; les feldspaths (microperthite de microcline et d'albite) en grandes lames blanches, aplaties suivant g^1, sont implantés sur les épontes; le remplissage de leurs intervalles est formé par de la néphéline, de l'analcime, avec fort peu d'ægyrine, d'eudialyte, de fluorine, etc.

La manière d'être la plus générale des pegmatites est tout autre; elles apparaissent au milieu de la syénite sous forme de traînées, quelquefois elliptiques, plus souvent irrégulières, qui donnent l'impression d'un remplissage de cavités à contours capricieux, rappelant en très grand les druses miarolitiques du granite des Mourne Mountains, en Irlande. Parfois, à leur voisinage, l'alignement des minéraux colorés de la roche normale jalonne leurs contours. Il n'y a eu certainement aucune discontinuité entre la formation de ces pegmatites et celle de la syénite, mais les actions pneumatolitiques ont pris progressivement une importance de plus en plus grande, affectant non seulement la dimension des minéraux, mais encore leur nature. On peut comparer cette production à celle des cryptes à grands cristaux des pegmatites sodiques et lithiques de Madagascar.

Leur disposition la plus habituelle consiste dans l'existence d'une zone périphérique de lames de microperthite de plusieurs centimètres implantées sous forme de rosettes sur la paroi extérieure. Elles enchâssent une partie centrale de composition variable; souvent celle-ci est formée par un mélange à grands éléments de microperthite, de néphéline, de sodalite, d'analcime et d'ægyrine; cette dernière constitue des prismes atteignant 1^{dm}, qui apparaissent libres aux affleurements quand la roche est devenue géodique par suite de la disparition des feldspathoïdes sous l'influence des agents atmosphériques.

Dans d'autres cas, cette partie centrale est constituée par une roche de couleur foncée, à grains moins gros et à faciès lujauvritique; celle-ci présente des variations de composition bien plus étendues que celles que j'ai antérieurement décrites; elle oscille entre un type très riche en ægyrine aciculaire, dépourvu d'eudialyte, et un autre essentiellement formé par ce minéral, en voie de transformation en catapléite. En général, le passage entre ces lujaurites et la bordure felspathique n'est pas brusque; il est

formé par une zone irrégulière, se prolongeant en veinules, de roches à grain moyen ou bien très chargées en néphéline et en ægyrine ou bien très feldspathiques et renfermant alors en abondance de grandes lames d'astrophyllite. Ces faciès de variations sont une source remarquable de beaux échantillons minéralogiques.

L'association intime de pegmatites et de lujaurites est une modalité particulière des relations génétiques existant entre les filons distincts de pegmatite et de tinguaïte riche en ægyrine, qui s'entrecoupent mutuellement. J'ai observé, en effet, dans de tels filons, des passages structurels et minéralogiques entre la lujaurite et la tinguaïte compacte. Quand un filon tinguaïtique rencontre une poche pegmatique, sa matière la remplit parfois, mais elle y prend des particularités spéciales; tel est le cas d'un filon mince d'une tinguaïte renfermant de petits rhomboèdres d'eudialyte et qui, à la traversée d'une poche pegmatique, prend des phénocristaux d'eudialyte de 2^{cm} de diamètre d'ægyrine, de feldspath, etc.

Enfin, la côte occidentale de l'île présente de grandes surfaces syénitiques, balayées par la mer, qui possèdent une structure orbiculaire remarquable. Des taches foncées, qui ne sont autre chose que la syénite normale, un peu plus riche en éléments colorés, sont comme encastrées dans de larges rosettes régulières de pegmatite très feldspathique. C'est, en somme, une manière d'être particulière des pegmatites précédentes.

La syénite de Roume est traversée par un très petit nombre de filons basiques (camptonites, monchiquites), parmi lesquels s'en trouve un tout à fait remarquable en ce qu'il est séparé de ses deux épontes par une tinguaïte porphyrique. Cette association, dans un même filon, de ces deux types de roche de composition extrême n'est pas due à une différenciation effectuée sur place; la tinguaïte a fait intrusion d'une façon symétrique entre la monchiquite et la syénite, elle a profondément corrodé la roche basique et, à son tour, a été endomorphisée, surtout autour de nombreuses enclaves, elles-mêmes métamorphisées. La pointe de Topsail renferme un filon mixte analogue, mais dans lequel la roche leucocrate paraît être une microsyénite.

C'est là la reproduction, mais dans une fissure filonienne réouverte, de phénomènes de l'ordre de ceux que j'ai observés l'an dernier à Nosykomba, sur la côte nord-ouest de Madagascar, où des gabbros essexitiques sont envahis par une syénite néphélinique leucocrate, qui devient bréchiforme et s'endomorphise par englobement et digestion de débris de la roche basique traversée.

Les très nombreux échantillons recueillis [1] aux îles de Los me permettront d'étudier en détail dans le laboratoire ces intéressantes transformations et de compléter en outre la connaissance des diverses roches dont il est question dans cette Note.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une méthode catalytique d'isomérisation des chlorures et bromures forméniques.* Note de MM. **Paul Sabatier** et **A. Mailhe**.

Il y a quelques années, nous avons indiqué que divers chlorures métalliques issus de métaux plurivalents, jouissent de la propriété de dédoubler facilement par catalyse, vers 250°, les chlorures forméniques primaires en carbures éthyléniques et acide chlorhydrique [2]. Le *chlorure de baryum* convient très bien pour produire cette réaction. Le *chlorure de thorium* anhydre la réalise encore plus activement.

De la même manière, les bromures de ces métaux réalisent aisément vers 250° le dédoublement des bromures forméniques primaires en carbures éthyléniques et acide bromhydrique.

Ces dédoublements permettent de passer très facilement des chlorures bromures forméniques *primaires* à leurs isomères *secondaires* ou tertiaires.

Dans un long tube de 1^m, placé sur une grille à combustion, on dispose d'abord une traînée de chlorure de thorium ou de chlorure de baryum anhydre d'environ 35^{cm}, puis, au delà d'un petit tampon d'amiante, une traînée de 50^{cm} de pierre ponce granulée. Le chlorure métallique étant chauffé au voisinage de 250°, la ponce vers 200°, on introduit le chlorure forménique primaire à la partie antérieure du tube, par le procédé ordinaire du tube capillaire. Il se dédouble au contact du chlorure de thorium en carbure éthylénique et gaz chlorhydrique, qui viennent se recombiner en majeure partie au contact de la ponce : cette recombinaison ne reproduit pas le chlorure primaire primitif, mais donne seulement le chlorure isomère secondaire ou tertiaire. Un réfrigérant, placé au bout du tube, permet de condenser ce dernier chlorure, ainsi que les portions de chlorure primitif non transformé. On les sépare par fractionnement.

Ainsi le *chlorure d'isobutyle* $(CH^3)^2CH.CH^2Cl$ (bouillant à 68°,5) se

---

(1) Notre fructueuse exploration de ces îles n'a été possible que grâce aux facilités exceptionnelles de transport et de main-d'œuvre mises à ma disposition par M. le commandant Aubert, directeur des travaux publics de la Guinée, et à l'obligeance de M. Serand, qui nous a servi de guide éclairé.

(2) Paul Sabatier et Mailhe, *Comptes rendus*, t. 141, 1905, p. 238.

transforme, avec un rendement immédiat supérieur à 40 pour 100, en *chlorure tertiaire* $(CH^3)^3CCl$ (bouillant à 51°-52°).

Le *chlorure d'isoamyle* $(CH^3)^2CH.CH^2.CH^2Cl$ (bouillant à 100°-101°) fournit de même 50 pour 100 de *chlorure secondaire* $(CH^3)^2.CH.CHCl.CH^3$ (bouillant à 90°), accompagné d'une certaine proportion du *chlorure tertiaire* $(CH^3)^2.CCl.CH^2.CH^3$ (bouillant à 86°).

La transformation des bromures forméniques est encore plus avantageuse que celle des chlorures, parce que la recombinaison des carbures éthyléniques est plus rapide avec l'acide bromhydrique qu'avec l'acide chlorhydrique. On opère de la même manière en remplaçant le chlorure métallique anhydre par le bromure correspondant.

Le *bromure de propyle* $CH^3.CH^2.CH^2.Br$ (bouillant à 71°) fournit de suite 25 pour 100 de *bromure d'isopropyle* $(CH^3)^2CHBr$, qui bout à 59°-60°.

Le *bromure d'isobutyle* $(CH^3)^2.CH.CH^2Br$ (bouillant à 91°-92°) fournit avec un rendement de 60 pour 100 le *bromure tertiaire* $(CH^3)^3CBr$ (bouillant à 72°).

Le bromure d'isoamyle $(CH^3)^2CH.CH^2.CH^2Br$ (qui bout à 118°-120°) fournit, par un premier passage dans le tube, un mélange du bromure *secondaire* $(CH^3)^2CH.CHBr.CH^3$ (bouillant à 114°) et de bromure tertiaire $(CH^3)^2.CBr.CH^2.CH^3$ (bouillant à 108°). Ce mélange, soumis à un nouveau passage dans le tube, fournit le bromure tertiaire à peu près pur, avec un rendement définitif qui peut atteindre 75 pour 100.

GÉOLOGIE. — *Observations sur l'histoire géologique pliocène et quaternaire du golfe et de l'isthme de Corinthe* (2e Note). Note de M. **Charles Depéret**.

II. Période quaternaire. — Dans une Note antérieure consacrée à l'histoire *pliocène* du golfe de Corinthe (*Comptes rendus*, 10 février 1913), j'ai montré que la fin de la période pliocène (Pliocène supérieur ou *Calabrien*) est caractérisée dans cette région par une *régression marine très importante*. En particulier, du côté de l'Adriatique, la mer a dû se retirer jusqu'au delà des Iles Ioniennes, car à Zante et à Corfou, Th. Fuchs a signalé, au sommet des marnes pliocènes, d'épaisses couches de gypse (produit d'évaporation de la mer) surmontées par des conglomérats fluviomarins, identiques à ceux du Péloponèse, et, selon toute vraisemblance, en

connexion avec eux. J'ai été ainsi amené à penser que, sur l'emplacement de l'ancien bras de mer corinthien remblayé et surélevé, s'était constituée, dès le début des temps quaternaires, une dépression continentale, réunissant, sur une longueur de 300^{km}, la Grèce continentale avec le Péloponèse et les Iles Ioniennes. S'il en est réellement ainsi, on doit s'attendre à retrouver, dans cette *vallée corinthienne*, les traces des phénomènes de creusement et de remblaiement, avec formation de *terrasses*, qui caractérisent partout l'histoire des vallées fluviales.

Les preuves en faveur de cette hypothèse sont de plusieurs ordres :

1° Il n'existe, dans la région considérée, aucune trace de dépôts marins correspondant aux époques quaternaires les plus anciennes (1). Les seuls dépôts marins connus appartiennent, on le verra plus loin, à l'horizon relativement récent des couches à *Strombus mediterraneus*.

2° La faune terrestre du Quaternaire ancien a pu émigrer dans le Péloponèse, alors réuni au continent, comme en témoigne la belle découverte faite par M. le professeur Scouphos, dans le bassin de Mégalopolis, d'un riche gisement où ce savant a recueilli : *Elephas antiquus* var., *Gortyniensis* n. var., *Hippopotamus amphibius*, *Rhinoceros Mercki*, *Bos* du type *primigenius*, etc. (Collections de l'Université d'Athènes).

3° Enfin, preuve plus directe, on observe sur le bord de l'ancienne vallée corinthienne des *terrasses fluviatiles* étagées, indiquant les temps d'arrêt dans le creusement progressif de la vallée.

Cette question des terrasses du golfe de Corinthe mérite un examen détaillé, parce que ces terrasses, parfaitement observées et décrites par M. Négris, ont été interprétées par ce savant géologue comme des *terrasses d'érosion marine*, fournissant la preuve d'une *grande régression continue de la mer quaternaire*, depuis les hautes altitudes de plus de 1000^m jusqu'au niveau du rivage actuel.

---

(1) Les travaux récents de MM. de Lamothe, Depéret, Giguoux, ont montré que le Quaternaire marin de la Méditerranée occidentale comprend la série des époques suivantes à partir du Pliocène supérieur :

1° Série de niveaux marins étagés à plus de 100^m au-dessus des rivages actuels;

2° Horizon *sicilien* à faune froide : ligne de rivage à 90^m d'altitude environ;

3° Horizon de Milazzo et de Nice : ligne de rivage à 60^m d'altitude environ;

4° Premier horizon à *Strombus mediterraneus* : ligne de rivage à 30^m-35^m d'altitude environ;

5° Deuxième horizon à *Strombus mediterraneus* : ligne de rivage à 15^m-20^m d'altitude environ.

En jetant un coup d'œil sur les rives du golfe de Corinthe, et spécialement sur la rive sud, on ne peut manquer d'être frappé du grand nombre de *replats* qui interrompent les pentes raides des marnes et des conglomérats pliocènes. Mais ces replats ont des origines très diverses : les uns sont dus simplement à la mise à nu par l'érosion des bancs de poudingues durs intercalés dans les marnes; d'autres sont attribuables, comme l'a bien noté M. Philippson, à des failles en gradins qui affectent le Pliocène et se traduisent par des marches d'escalier géantes dont la surface est généralement constituée par un banc résistant de conglomérat. Ces deux catégories de replats, de beaucoup les plus nombreux, se reconnaissent aisément soit à la pente du replat dirigée vers le Sud, en sens inverse de la mer, soit à l'irrégularité de pente de la surface plus ou moins gauchie des compartiments faillés, qui se raccordent même parfois entre eux par une de leurs extrémités. Ces replats ne comportent à leur surface aucun revêtement de cailloutis alluviaux.

Mais une troisième catégorie de replats, parfaitement distingués par M. Négris, présentent de tout autres caractères : leur pente, inclinée au Nord vers la mer, est entaillée en discordance dans les marnes ou les conglomérats pliocènes dont les bancs plongent le plus souvent en sens inverse de la terrasse; en outre, ces replats sont recouverts par des lits parfois épais de cailloutis meubles, à éléments tantôt bien roulés, tantôt plus ou moins anguleux, emballés dans une gangue brune ou rougeâtre. J'ai retrouvé dans ces cailloutis tous les caractères habituels des *alluvions torrentielles et fluviales* et je ne puis y reconnaître avec M. Négris, des plates-formes d'érosion marine. La présence de coquilles marines, telles que le *Cardium edule*, de *Cladocora* ou de galets perforés par les lithophages, signalés en plusieurs points par M. Négris, s'explique aisément par le remaniement ou l'éboulement presque sur place des marnes et conglomérats marins qui forment le substratum des terrasses et les pentes qui les dominent. Nous avons nettement constaté ce remaniement avec M. Négris pour la terrasse de Kastritsi.

Je n'ai pu malheureusement étudier moi-même tous ces nombreux *lambeaux de vallées suspendues* du golfe de Corinthe. Cependant M. Négris a bien voulu me conduire sur celles de ces terrasses qu'il considère comme les plus typiques, en particulier sur les deux lambeaux si bien conservés de Kastritsi, au-dessus de Rhion, dont l'un s'étend sur 1^{km} de large de la cote 604^m à la cote 585^m, avec une faible pente au Nord d'environ 2 pour 100. Il s'agit là, à mon avis, d'une terrasse formée par des rivières s'échappant du massif du Voidias, et qui devait se raccorder, vers l'axe de la grande vallée

corinthienne, à un thalweg principal Est-Ouest, à l'altitude approximative de 400^m à 450^m.

Dans la même région, et en descendant sur Patras, j'ai noté, à des niveaux inférieurs, des lambeaux très nets de deux autres terrasses alluviales, l'une vers 550^m, l'autre vers 350^m. A l'ouest de Patras, sur la rive gauche de la vallée de Lenka, j'ai observé sur le flysch un lambeau assez étendu d'une belle terrasse fluviale, à l'altitude moyenne de 190^m, et dominant d'une centaine de mètres le thalweg de la vallée actuelle.

En m'aidant de ces observations personnelles et des beaux travaux de M. Négris, j'ai essayé de me faire une idée d'ensemble de la série des terrasses d'alluvions qui marquent les temps d'arrêt dans le creusement de la vallée quaternaire corinthienne. Les plus élevées de ces terrasses paraissent se trouver dans la région du Mavron-Oros, qui répond justement au maximum de surélévation des dépôts pliocènes. M. Négris y signale au nord de Gelini des terrasses d'alluvions rouges, discordantes sur le Pliocène, à l'altitude de 910^m et 907^m. Il semble rationnel de penser que cette région a pu constituer un seuil transversal avec double pente à l'Est et à l'Ouest, et cette hypothèse paraît confirmée par l'abaissement des terrasses dans ces deux directions.

Vers l'Ouest nous trouvons en effet les chiffres de 700^m au-dessus d'Egion et de 600^m autour du mont Voidias. Cette même terrasse de 600^m se retrouve, selon M. Négris, sur la rive nord du golfe, en demi-cercle autour du mont Rigani et *inclinant au Sud vers l'axe du golfe*, c'est-à-dire en sens inverse des terrasses de la rive sud, fait important pour la démonstration que je poursuis. Vers l'Est, M. Négris signale les niveaux maxima de 836^m à Zemeno, de 743^m à Mikri-Vatsa, de 642^m au mont Spiria, de 533^m au mont Phouka, et de 520^m au mont Sicyone.

En dehors de ces niveaux élevés, M. Négris indique de nombreux lambeaux de terrasses à des niveaux inférieurs, en rapport évident avec le progrès de l'érosion de la vallée. Il est vraisemblable que cet abaissement graduel du niveau de la vallée a eu pour cause *un abaissement corrélatif du niveau de basse marine*, fait qui est bien établi dans la Méditerranée occidentale. Mais il serait nécessaire de suivre en détail tous ces niveaux de terrasses pour en faire un raccordement précis et tracer l'histoire détaillée du creusement de la vallée corinthienne : c'est là un travail de longue haleine bien fait pour tenter la patience de nos confrères d'Athènes.

Cette œuvre d'érosion continentale a dû en tous les cas se poursuivre pendant une longue durée des temps quaternaires et a été seulement inter-

rompue par une *phase de transgression marine* qui correspond à l'horizon des couches à *Strombus mediterraneus*. A ce moment la mer, par un *mouvement positif* des plus nets, pénètre dans la vallée corinthienne à la fois par ses deux extrémités, à l'Est par l'isthme de Corinthe, à l'Ouest par la région de Patras. L'histoire de cette transgression marine fera l'objet d'une Note ultérieure.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'une Commission de six Membres qui devra présenter une liste de candidats à la place vacante, dans la Section des Académiciens libres, par le décès de M. *Teisserenc de Bort*.

Cette Commission, qui se réunira sous la présidence de M. le Président de l'Académie, doit comprendre : deux Membres de la Division des Sciences mathématiques; deux Membres de la Division des Sciences physiques; deux Membres de la Section des Académiciens libres :

MM. **Appell**, **Baillaud**, pour la Division des Sciences mathématiques; MM. **Gautier**, **Guignard**, pour la Division des Sciences physiques; MM. **de Freycinet**, **Labbé**, pour la Section des Académiciens libres, réunissent la majorité des suffrages.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Chimie, en remplacement de M. *Ladenburg*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 47,

M. Barbier obtient . . . . 41 suffrages
M. Charpy » . . . . 6 »

M. **Barbier**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

CORRESPONDANCE.

M. **Jules Welsch** adresse un Rapport relatif à l'emploi qu'il a fait de la subvention qui lui a été accordée sur le *Fonds Bonaparte* en 1912.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Observatoire royal de Belgique. Service astronomique. *Description des installations du Service de l'Heure*, par H. Philippot et E. Delporte.

2° Muséum d'Histoire naturelle de Genève. *Catalogue illustré de la Collection Lamarck.*

MM. **A. Chantemesse**, **A. Rosenstiehl** prient l'Académie de vouloir bien les compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section des Académiciens libres, par le décès de M. *Teisserenc de Bort.*

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur le rendement lumineux du corps noir aux températures élevées et sur celui des étoiles. Première application à Arcturus et Véga.* Note de M. **Charles Nordmann**, présentée par M. J. Violle.

L'opinion courante d'après laquelle le rendement lumineux (rapport du rayonnement lumineux au rayonnement total) des corps incandescents et en particulier du corps noir augmente indéfiniment avec la température, est erronée, comme il est facile de le voir.

Considérons, en effet, le rayonnement lumineux d'un pareil corps. J'ai montré (*Comptes rendus*, t. 150, p. 449) que la loi expérimentale d'après laquelle cet éclat varie sensiblement comme l'intensité de la longueur d'onde du maximum de luminosité ($0^{\mu},54$), loi vérifiée depuis longtemps pour les températures réalisées au laboratoire, est applicable aussi aux températures élevées du Soleil et des étoiles les plus chaudes. Par suite, l'éclat est, d'après la loi de Planck, proportionnel à $\frac{1}{e^{\frac{K}{T}}-1}$, où T est la température

absolue et $K = \frac{14600}{0,54} = 27000$. L'énergie totale étant donnée par la loi de Stefan, le rendement lumineux peut donc être exprimé (A étant une constante) par

$$R = \frac{A}{\left(e^{\frac{K}{T}} - 1\right) T^4}. \tag{1}$$

Or, en dérivant cette expression par rapport à T, on trouve que sa dérivée s'annule pour une (et une seule) valeur Θ de T, telle que

$$e^{\frac{K}{\Theta}} = \frac{1}{1 - \frac{K}{4\Theta}}.$$

D'où l'on tire $\frac{K}{\Theta} = 3,92$ (en appliquant au lieu de la loi de Planck celle de Wien qui n'en est qu'une première approximation, on aurait trouvé 4 au lieu de 3,92), et finalement $\Theta = 6430°$.

Le rendement lumineux du radiateur intégral augmente donc jusqu'à cette température pour laquelle il est maximum pour décroître ensuite à mesure que la température s'élève et s'annuler pour une température infinie. La valeur de Θ, qui correspond au rendement lumineux maximum, est très voisine de celles qui ont été trouvées par diverses méthodes pour la température effective du Soleil; il est naturel de penser que cela est dû à l'accommodation séculaire *optima* de la rétine pour la lumière solaire. M. Féry avait déjà émis la même hypothèse à propos de la position du maximum de luminosité du spectre du Soleil.

J'ai calculé au moyen de la relation (1) diverses valeurs de R correspondant aux températures effectives que j'ai trouvées pour un certain nombre d'étoiles en utilisant mon photomètre stellaire hétérochrome (*Comptes rendus*, 6 décembre 1909 et *passim*) et construit une courbe représentative. Le rendement lumineux du Soleil est d'après ce qui précède supérieur non seulement à celui des étoiles plus froides, des types compris entre G et M de Harvard, mais aussi à celui des étoiles plus chaudes (comprises entre les types A et G). Pour ne prendre que deux exemples, le rendement lumineux correspondant à la température de ρ Persée (type M*b*, température effective 2870° A.) est inférieure à $\frac{1}{6}$ de celui du Soleil, qui par contre est presque le double (exactement 1,8 fois) du rendement lumineux correspondant à la température effective de β Persée (type B 8, température effective 13300° A.).

M. Nichols a fait naguère (*Astroph. Journal*, t. XIII, p. 101), au moyen d'un radiomètre ultra-sensible adapté à un puissant télescope, des mesures comparatives du rayonnement total d'Arcturus et de Véga, et trouvé que

la première de ces étoiles a un rayonnement 2,2 fois plus intense que la seconde. Ce résultat nous permet de faire dès maintenant une application imprévue des considérations précédentes. On sait en effet, d'après la moyenne des mesures photométriques de Potsdam et de Harvard (voir *Harvard Revised Photometry* et *Photometrische Durchmusterung*) que les éclats apparents d'Arcturus et de Véga sont très exactement égaux. De ce fait et du résultat de Nichols, on déduit que le rendement lumineux de Véga est 2,2 fois plus grand que celui d'Arcturus. Or en partant de là et de la température effective (12200° A.) que j'ai trouvée pour Véga, et en utilisant la relation (1), on peut en déduire que la température effective d'Arcturus est voisine de 3400° A.

Cette valeur est bien conforme à ce qu'on pouvait présumer d'après le spectre d'Arcturus qui est analogue à celui du Soleil, mais plus chargé en raies et avec déjà l'esquisse de quelques bandes, ce qui depuis longtemps avait fait attribuer à cette étoile une température inférieure à celle du Soleil.

La courbe représentative des diverses valeurs de R données par la relation (1) permet d'ailleurs, en partant du résultat de Nichols, et même en supposant inconnue toute donnée sur la température de Véga, de déterminer une limite supérieure de la température effective d'Arcturus : puisqu'en effet le rendement lumineux de Véga est nécessairement inférieur à la valeur maxima de R, on trouve immédiatement que, sur la branche ascendante de la courbe, la température qui correspond à un rendement égal à $\frac{1}{2,2}$ fois cette valeur maxima est égale à 3900° A. Ce nombre représente donc une limite supérieure de la température effective d'Arcturus.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les réseaux réciproquement dérivés.* Note de M. **Tzitzéica**.

1. Considérons un réseau conjugué (x) décrit par le point x de coordonnées projectives $x_1, x_2, \ldots, x_{n+1}$. Ces $n+1$ fonctions de u et v vérifient une équation de Laplace de la forme

$$\frac{\partial^2 x}{\partial u\,\partial v} + a\frac{\partial x}{\partial u} + b\frac{\partial x}{\partial v} + cx = 0. \tag{1}$$

Prenons l'expression

$$x' = p\frac{\partial x}{\partial u} + q\frac{\partial x}{\partial v} + rx \tag{2}$$

telle que le second membre s'annule lorsqu'on remplace x par deux solutions particulières de (1). Alors, aux $n+1$ coordonnées de x, (2) fera correspondre les $n+1$ coordonnées x'_i d'un point x', qui décrira un réseau conjugué (x') : un *réseau dérivé* de (x). Soit

$$(3) \qquad \frac{\partial^2 x'}{\partial u\,\partial v}+a'\frac{\partial x'}{\partial u}+b'\frac{\partial x'}{\partial v}+c'x'=0$$

l'équation de Laplace vérifiée par les x'_i, on a les relations suivantes :

$$(4) \qquad a'-a+\frac{1}{p}\frac{\partial p}{\partial v}=0, \qquad b'-b+\frac{1}{q}\frac{\partial q}{\partial u}=0.$$

2. Cela étant, je suppose maintenant que le réseau (x) aussi est un réseau dérivé du réseau (x'). Je dirai alors que les réseaux (x) et (x') sont *réciproquement dérivés*. Les x_i et les x'_i vérifient dans ce cas non seulement (2), mais aussi la relation suivante :

$$(5) \qquad x=p'\frac{\partial x'}{\partial u}+q'\frac{\partial x'}{\partial v}+r'x',$$

les fonctions p', q', r' étant choisies de manière que le second membre s'annule pour deux solutions particulières de (3). On a alors des relations analogues à (4)

$$(6) \qquad a-a'+\frac{1}{p'}\frac{\partial p'}{\partial v}=0, \qquad b-b'+\frac{1}{q'}\frac{\partial q'}{\partial u}=0.$$

De (4) et (6) on tire

$$pp'=\mathrm{U}, \qquad qq'=\mathrm{V},$$

U et V étant respectivement des fonctions seulement de u et de v, toutes les deux différentes de zéro.

Remplaçons maintenant dans (5) x' par son expression (2), nous obtenons une équation de la forme

$$(7) \qquad \mathrm{U}\frac{\partial^2 x}{\partial u^2}+\mathrm{V}\frac{\partial^2 x}{\partial v^2}+\mathrm{A}\frac{\partial x}{\partial u}+\mathrm{B}\frac{\partial x}{\partial v}+\mathrm{C}x=0,$$

et en faisant l'opération inverse, on trouvera pour x' une équation analogue

$$(8) \qquad \mathrm{U}\frac{\partial^2 x'}{\partial u^2}+\mathrm{V}\frac{\partial^2 x'}{\partial \mathrm{V}^2}+\mathrm{A}'\frac{\partial x'}{\partial u}+\mathrm{B}'\frac{\partial x'}{\partial v}+\mathrm{C}'x'=0.$$

On tire de là les résultats suivants :

Les réseaux réciproquement dérivés, s'ils existent, sont contenus dans un espace à trois dimensions. Ils sont tous les deux isothermes conjugués. La droite xx' qui joint les points correspondants de ces réseaux forme une congruence W.

2. Je me propose de démontrer maintenant que les deux réseaux (x) et (x') réciproquement dérivés sont des réseaux R, c'est-à-dire des réseaux conjugués dont les tangentes forment, toutes les deux, des congruences W.

A cet effet, il suffit de démontrer qu'il y a correspondance des lignes asymptotiques entre le réseau (x) et le réseau (ξ), déduit de (x) par une première transformation de Laplace. Les coordonnées de ξ s'obtiennent de celles de x à l'aide de l'expression

$$\xi = \frac{\partial x}{\partial u} + bx. \tag{9}$$

Nous considérons en même temps le réseau (ξ') déduit de la même manière de (x') à l'aide de l'expression

$$\xi' = \frac{\partial x'}{\partial u} + b'x'. \tag{10}$$

Or, le réseau (x') étant un réseau dérivé de (x), le point ξ' se trouve dans le plan tangent de ξ (voir ma Note du 3 février 1913), on a donc

$$\xi' = p_1 \frac{\partial \xi}{\partial u} + q_1 \frac{\partial \xi}{\partial v} + r_1 \xi.$$

En remplaçant dans cette relation ξ et ξ' par leurs valeurs (9) et (10), et x' par sa valeur (2), on trouve une équation de la forme

$$\mathrm{P}\frac{\partial^2 x}{\partial u^2} + \mathrm{Q}\frac{\partial x}{\partial u} + \mathrm{R}x = 0$$

qui, devant être vérifiée par x_1, x_2, x_3 et x_4 (actuellement $n = 3$), on a $\mathrm{P} = \mathrm{Q} = \mathrm{R} = 0$. La première de ces trois égalités donne

$$p_1 = p; \tag{11}$$

la deuxième et la troisième, par l'élimination de r_1,

$$kq_1 = \mathrm{S},$$

k étant le second invariant $\left(\frac{\partial b}{\partial v} + ab - c\right)$ de (1) et S une expression dont nous trouverons immédiatement une autre forme. Écrivons que x' de (2)

vérifie (3), on doit trouver une identité. En écrivant que le coefficient de $\frac{\partial x}{\partial v}$ est nul, on obtient

$$S = k' q,$$

k' étant le second invariant de (3). On a donc finalement

(12) $$k q_1 = k' q.$$

Or, le réseau (x) étant lui aussi un réseau de (x'), on aura

$$\xi = p'_1 \frac{\partial \xi'}{\partial u} + q'_1 \frac{\partial \xi'}{\partial v} + r'_1 \xi',$$

et en faisant les mêmes calculs que précédemment, on trouvera nécessairement

(13) $$p'_1 = p', \qquad k' q'_1 = k q'.$$

De (11), (12) et (13) on tire

$$p_1 p'_1 = p p' = \text{U}, \qquad q_1 q'_1 = q q' \text{V},$$

en supposant $k.k' \neq 0$.

Les calculs faits au paragraphe 2 s'appliquent ici et l'on trouve que les ξ et les ξ' vérifient des équations de la forme

$$\text{U} \frac{\partial^2 \xi}{\partial u^2} + \text{V} \frac{\partial^2 \xi}{\partial v^2} + \alpha \frac{\partial \xi}{\partial u} + \beta \frac{\partial \xi}{\partial v} + \gamma \xi = 0,$$
$$\text{U} \frac{\partial^2 \xi'}{\partial u^2} + \text{V} \frac{\partial^2 \xi'}{\partial v^2} + \alpha' \frac{\partial \xi'}{\partial u} + \beta' \frac{\partial \xi'}{\partial v} + \gamma' \xi' = 0,$$

les fonctions U et V étant les mêmes que dans les équations (7) et (8). Ceci montre que les réseaux (ξ) et (ξ') sont tout comme (x) et (x') isothermes conjugués et que sur tous ces réseaux il y a correspondance des lignes asymptotiques.

J'ajoute enfin que, en considérant d'autres types de réseaux dérivés, on peut généraliser de bien des manières la notion de réseaux réciproquement dérivés que nous venons d'introduire.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la détermination des fonctions harmoniques. Application au carré.* Note [1] de M. **J. Le Roux**, présentée par M. Émile Picard.

1. J'ai montré (*Comptes rendus*, 10 février 1913) que l'étude de l'intégrale de Dirichlet conduit à la considération d'une équation aux différences finies :

$$z_{x,y} - \frac{1}{4}(z_{x-h,y} + z_{x+h,y} + z_{x,y-h} + z_{x,y+h}) = 0. \tag{1}$$

La méthode indiquée s'applique facilement au carré et peut être ensuite étendue à un domaine quelconque.

Soit (C) un carré dont les côtés, de longueur $2a$, sont parallèles aux axes de coordonnées et dont le centre se trouve à l'origine.

Je le divise en $4n^2$ carrés égaux, de côté h, par des parallèles aux axes et je cherche à résoudre, pour ce réseau, l'équation (1) avec la condition que l'on ait, en chaque nœud (ξ, η) du périmètre,

$$z_{\xi,\eta} = \zeta(\xi, \eta),$$

$\zeta(\xi, \eta)$ étant une fonction bornée quelconque continue ou non. Les valeurs de ζ aux angles du carré n'intervenant pas dans le calcul, on les supposera nulles. On détermine par la formule suivante une *fonction d'interpolation* $F(x, y)$, qui est égale à $z_{x,y}$ sur les nœuds du réseau :

$$\begin{aligned} F(x,y) = & \sum_{k=0}^{k=n-1}\left(A_k \frac{\operatorname{ch}\omega_k \frac{x}{a}}{\operatorname{ch}\omega_k} + B_k \frac{\operatorname{sh}\omega_k \frac{x}{a}}{\operatorname{sh}\omega_k}\right)\cos\frac{(2k+1)\pi y}{2a} \\ & + \sum_{k=1}^{k=n-1}\left(A'_k \frac{\operatorname{ch}\omega'_k \frac{x}{a}}{\operatorname{ch}\omega'_k} + B'_k \frac{\operatorname{sh}\omega'_k \frac{x}{a}}{\operatorname{sh}\omega'_k}\right)\sin\frac{k\pi y}{a} \\ & + \sum_{k=0}^{k=n-1}\left(C_k \frac{\operatorname{ch}\omega_k \frac{y}{a}}{\operatorname{ch}\omega_k} + D_k \frac{\operatorname{sh}\omega_k \frac{y}{a}}{\operatorname{sh}\omega_k}\right)\cos\frac{(2k+1)\pi x}{2a} \\ & + \sum_{k=1}^{k=n-1}\left(C'_k \frac{\operatorname{ch}\omega'_k \frac{y}{a}}{\operatorname{ch}\omega'_k} + D'_k \frac{\operatorname{s}\ \omega'_k \frac{y}{a}}{\operatorname{sh}\omega'_k}\right)\sin\frac{k\pi x}{a}. \end{aligned} \tag{2}$$

---

[1] Présentée dans la séance du 24 février 1913.

On a posé :

$$(3)\quad \begin{cases} \omega_k = 2n \log\left[\sqrt{1+\sin^2\frac{(2k+1)\pi}{4n}} + \sin\frac{(2k+1)\pi}{4n}\right], \\ \omega'_k = 2n \log\left[\sqrt{1+\sin^2\frac{k\pi}{2n}} + \sin\frac{k\pi}{2n}\right], \end{cases}$$

d'où l'on tire

$$(4)\quad \begin{cases} (2k+1)\log(1+\sqrt{2}) < \omega_k < (2k+1)\frac{\pi}{2}, \\ 2k\log(1+\sqrt{2}) < \omega'_k < k\pi. \end{cases}$$

Les coefficients A_k, B_k, ... sont donnés par des formules de la forme

$$A_k = \frac{1}{n}\sum_{\eta=-a+h}^{\eta=a-h} \frac{\zeta(a,\eta)+\zeta(-a,\eta)}{2}\cos\frac{(2k+1)\pi\eta}{2a},$$

....

Par conséquent, l'inégalité $|\zeta(\xi,\eta)| < M$ entraîne

$$|A_k| < 2M.$$

2. Quand on fait croître n indéfiniment, le développement de $F(x, y)$ converge, comme une progression géométrique, dans tout carré (C') concentrique, homothétique et intérieur à (C).

Soit $F_m(x, y)$ la fonction obtenue en négligeant, dans l'expression de $F(x, y)$, tous les termes dont l'indice k est supérieur à m. Il est possible de prendre m assez grand pour que les inégalités

$$|x| < \rho, \quad |y| < \rho \quad (0 < \rho < a)$$

entraînent, *quel que soit* n, ε étant un nombre positif donné,

$$(5)\quad |F(x, y) - F_m(x, y)| < \varepsilon.$$

Si l'on remplace ω_k, ω'_k par leurs limites supérieures (4), les fonctions $F(x, y)$, $F_m(x, y)$ se transforment en des fonctions harmoniques $V(x, y)$, $V_m(x, y)$. La fonction $V(x, y)$ est égale à $F(x, y)$ sur le périmètre du carré. L'inégalité

$$(6)\quad |V(x, y) - V_m(x, y)| < \varepsilon$$

a lieu dans les mêmes conditions que (5). Le nombre m ayant été déterminé par ces conditions, il est possible de trouver un nombre n', tel que $n > n'$ entraîne

$$(7)\quad |F_m(x, y) - V_m(x, y)| < \varepsilon.$$

Réunissant les inégalités (5), (6), (7), on a donc pour tout point de (C′)

$$|F(x, y) - V(x, y)| < 3\varepsilon. \tag{8}$$

En résumé :

A tout réseau considéré (R) correspondent : 1° un système de nombres $z_{x,y}$ définis sur les nœuds du réseau par la condition de satisfaire à l'équation (1) et de prendre sur les nœuds de la frontière les valeurs de la fonction $\zeta(\xi, \eta)$; 2° une fonction $V(x, y)$ harmonique dans le carré et prenant les mêmes valeurs sur les nœuds de la frontière. Quand la densité du réseau croît indéfiniment, la différence $z_{x,y} - V(x, y)$ tend uniformément vers zéro dans tout carré (C′) concentrique, homothétique et intérieur à (C).

La fonction harmonique V dépend d'ailleurs en général du réseau (R) et ne tend vers une limite déterminée que dans les cas où la fonction bornée $\zeta(\xi, \eta)$ est intégrable ou au moins sommable sur le périmètre du carré.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la meilleure approximation de $|x|^{2s+1}$ par des polynomes de degrés indéfiniment croissants.* Note de Mlle **Th. Tarnarider**, présentée par M. Émile Picard.

Les méthodes développées par M. S. Bernstein dans ses récents travaux sur la détermination de la meilleure approximation de $|x|$ par un polynome de degré donné n (et en particulier lorsque n croît indéfiniment) (1) sont applicables à la résolution du même problème pour la fonction $|x|^{2s+1}$ (où s est un nombre entier positif).

Je me propose d'indiquer les résultats que j'ai obtenus dans cette voie.

1. Pour déterminer une borne supérieure de la meilleure approximation $E_{2n}|x|^{2s+1}$ de $|x|^{2s+1}$ sur le segment $(-1, +1)$ par un polynome de degré $2n$ (2), on considère le polynome $R_s(x)$ de degré $2n$, s'annulant pour

(1) Mémoire couronné par l'Académie de Belgique (2e série, t. N), et le Mémoire dans les *Acta math.*, t. XXXVII, dont M. Bernstein a bien voulu me communiquer les épreuves.

(2) Il résulte des travaux de M. S. Bernstein que $E_n|x|^{2s+1}$ est exactement de l'ordre $\frac{1}{n^{2s+1}}$.

$x=0$ et égal à $|x|^{2s+1}$ aux points

$$x_k=\cos\left(k+\frac{1}{2}\right)\frac{\pi}{2n}\qquad (k=0,1,2,\ldots,2n-1),$$

racines du polynome $T(x)=\cos 2n \arc\cos x$,

$$R_s(x)=\frac{xT(x)}{2n}\left[\sum_{k=0}^{n-1}(-1)^k\frac{\sin\left(k+\frac{1}{2}\right)\frac{\pi}{2n}\cos^{2s}\left(k+\frac{1}{2}\right)\frac{\pi}{2n}}{x-\cos\left(k+\frac{1}{2}\right)\frac{\pi}{2n}}\right.$$
$$\left.-\sum_{i=n}^{2n-1}(-1)^k\frac{\sin\left(k+\frac{1}{2}\right)\frac{\pi}{2n}\cos^{2s}\left(k+\frac{1}{2}\right)\frac{\pi}{2n}}{x-\cos\left(k+\frac{1}{2}\right)\frac{\pi}{2n}}\right].$$

L'étude de la différence $|x|^{2s+1}-R_s(x)$ peut être de la façon suivante ramenée au cas $s=0$ étudié par M. S. Bernstein.

On a

$$|x|^{2s+1}-R_s(x)=x^{2s}[|x|-R(x)]+\sum_{i=0}^{i=s-1}x^{2(s-i-1)}[x^2R_i(x)-R_{i+1}(x)],$$

où $R(x)\equiv R_0(x)$, et il est facile de montrer que

$$x^2R_i(x)-R_{i+1}(x)=\frac{x^2T(x)}{n}\left[-\gamma_{2i}\left(\frac{\pi}{n}\right)^{2i}+\left(\frac{\pi}{n}\right)^{2i+1}r_i\right],$$

où $\lim_{n=\infty} r_i=0$ et les nombres γ_k sont déterminés par les relations récurrentes

$$\sum_{i=1}^{i=k+1}C_{k+1}^i\gamma_{k-i+1}=\frac{3^{k+1}-1}{2^{2(k+1)}},\qquad \left[C_p^m=\frac{p!}{m!(p-m)!}\right].$$

D'où, en tenant compte de la relation ([1]),

$$|x|-R(x)=\frac{T(x)}{n}[F(v)+\beta_n],$$

où

$$F(v)=v\int_0^1\frac{z^{v-\frac{1}{2}}}{1+z}dz,\qquad v=\frac{2nx}{\pi},$$

et β_n tend uniformément vers zéro lorsque n croît indéfiniment; on trouve

(1) $$|x|^{2s+1}-R_s(x)=2\pi^{2s}\frac{T(x)}{(2n)^{2s+1}}[F_s(v)+\alpha_n],$$

([1]) S. Bernstein, *Acta math.*, t. XXXVII.

où

$$F_s(\rho) = \rho^{2s}\left(\mathbf{F}(\rho) - \sum_{i=0}^{i=s-1} 2^{2i}\gamma_{2i}\frac{1}{\rho^{2i}}\right)$$

et α_n tend uniformément vers zéro lorsque n croît indéfiniment [1].

Partant de la relation (1), on peut achever la détermination de la borne supérieure de $E_{2n}|x|^{2s+1}$ par la méthode de M. S. Bernstein.

J'ai ainsi obtenu, par exemple,

$$E_{2n}|x|^3 < \frac{0,65}{(2n)^3}$$

pour des valeurs suffisamment grandes de n.

2. La méthode employée par M. Bernstein pour déterminer une borne inférieure ρ de $E_{2n}|x|$ conduit, dans le cas de $|x|^{2s+1}$, à une expression de la borne inférieure ρ_{2s+1} de $E_{2n}|x|^{2s+1}$ que l'on peut également ramener au cas $s = 0$ par des transformations analogues aux précédentes. On trouve ainsi :

$$\rho'_{2s+1} = \frac{1}{2}\left(\frac{\pi}{2n}\right)^{2s+1} \frac{\displaystyle\sum_{i=1}^{i=i_0} h_i\lambda_i^{2s-1}\left[1 - \frac{4\lambda_i}{2\lambda_i+1}F\left(\lambda_i+\frac{1}{2}\right) - \sum_{k=1}^{1} 2^{2k}\frac{\mu_{2k-1}}{\lambda_i^{2k-1}}\right]}{\displaystyle\sum_{i=1}^{i=i_0} h_i\frac{1}{\lambda_i^2}\left(1+\frac{\pi\lambda_i}{2}\operatorname{tang}\frac{\pi\varepsilon_i}{2}\right)},$$

où

$$\lim_{n=\infty}[n^{2s+1}(\rho'_{2s+1} - \rho_{2s+1})] = 0,$$

$$h_i = \frac{(\lambda_i^2-1)(\lambda_i^2-2^2)\ldots[\lambda_i^2-(i_0-1)^2]}{(\lambda_i^2-\lambda_1^2)(\lambda_i^2-\lambda_2^2)\ldots(\lambda_i^2-\lambda_{i-1}^2)(\lambda_i^2-\lambda_{i+1}^2)\ldots(\lambda_i^2-\lambda_{i_0}^2)};$$

$$(i-1 < \lambda_i = i - 1 + \varepsilon_i < i),$$

les nombres μ satisfont aux relations récurrentes

$$\sum_{i=1}^{i=k} C_{k+1}^i \mu_{k-i+1} = \frac{2^k - 1}{2^{k+1}},$$

et où l'on choisit les nombres λ_i de façon à obtenir une valeur aussi grande que possible de ρ'_{2s+1}.

---

(1) M. S. Bernstein ayant obtenu cette relation par un autre raisonnement, m'a fait remarquer que $\Sigma 2^{2i}\lambda_{2i}\frac{1}{\rho^{2i}}$ est le développement (divergent) de $F(\rho)$ suivant les puissances négatives de ρ.

Prenant

$$i_0 = 2, \qquad \lambda_1 = 0,5, \qquad \lambda_2 = 1,4,$$

on trouve par exemple

$$E_{2n} |x|^3 > \frac{0,54}{(2n)^3}$$

pour des valeurs suffisamment grandes de n.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur les nombres de classes des formes quadratiques binaires positives.* Note de M. **Jacques Chapelon**, présentée par M. G. Humbert.

M. Humbert, étendant une méthode d'Hermite, a établi dans le *Journal de Mathématiques* (1907) diverses formules relatives aux nombres de classes des formes quadratiques binaires et positives, en utilisant les relations de la transformation du troisième ordre pour les fonctions thêta. En particulier, il a obtenu des formules donnant, avec les notations de Kronecker et d'Hermite, les sommes

$$\text{(I)} \qquad \Sigma F(4N - x^2) \quad \text{et} \quad \Sigma F_1(4N - x^2),$$

où x est un entier de signe quelconque, congru soit à 3, soit à ± 1 (mod 6).

Il a donné de même, en fonction des diviseurs de N, les expressions des sommes

$$\text{(II)} \qquad \Sigma F(N - x^2) \quad \text{et} \quad \Sigma F_1(N - x^2),$$

où x est congru soit à ± 1, soit à $0 \pmod 3$.

Je me suis proposé d'obtenir, relativement au module 5, des formules analogues, ne rentrant pas dans celles de M. Gierster.

Je m'appuie, pour cela, sur les formules de la transformation du cinquième ordre des fonctions thêta ; en les combinant avec les formules d'addition, j'arrive à des relations telles que celles-ci :

$$\eta_1^2 \theta_1^2 \left[\frac{H^2\left(\frac{\pi}{5}\right)}{\Theta^2\left(\frac{\pi}{5}\right)} - \frac{H^2\left(\frac{2\pi}{5}\right)}{\Theta^2\left(\frac{2\pi}{5}\right)} \right] = -\sqrt{5}\sqrt{\eta_1 \theta_1}\sqrt{\eta_1' \theta_1'}(\eta_1 \theta_1 - 5\eta_1' \theta_1),$$

où η_1, θ_1, η_1', θ_1' désignent respectivement $H_1(0, q)$, $\Theta_1(0, q)$, $H_1(0, q^5)$, $\Theta_1(0, q^5)$.

D'autre part, dans le développement en série de Fourier de la fonction $H_1 \Theta_1 H^2 : \Theta^2$, je remplace successivement la variable par $\frac{\pi}{5}$ et $\frac{2\pi}{5}$; je retranche membre à membre et je tiens compte de la relation qui précède; égalant alors dans les deux membres les coefficients des mêmes puissances de q, j'arrive à l'une des formules que j'avais en vue.

De cette manière, j'obtiens des relations où les premiers membres sont des sommes des types (I) et (II) ci-dessus, et relatives au module 5 : pour le type (I), x représente un entier, positif ou négatif, congru soit à 5, soit à ± 1, soit à $\pm 2 \pmod{10}$; pour le type (II), x est congru soit à 0, soit à ± 1, soit à $\pm 2 \pmod 5$.

Voici, par exemple, quelques-uns des résultats relatifs au cas de $N \equiv 0 \pmod{10}$.

Notations. — Je désigne par d' un diviseur quelconque de N; par δ' un diviseur, à conjugué impair, de $\frac{N}{2}$; je pose encore, de toutes les manières possibles,

$$N = d_1 d, \qquad d_1 > d,$$
$$N = d_p d_i, \qquad d_p > d_i,$$

d_p étant pair et d_i impair. De plus, $\Phi(m)$ désigne la somme des diviseurs impairs de m, si m est entier, et 0 si m est fractionnaire, et enfin $\left(\frac{a}{5}\right)$ est le symbole ordinaire de Legendre, supposé *nul* si a est multiple de 5.

Je pose $N = 5^\mu N'$, le nombre N' n'étant pas multiple de 5.

Dans ces conditions, on a, en particulier, comme formules du premier type,

$$\sum_{x \equiv 5 \pmod{10}} F(4N - x^2) = 4\Sigma\delta'\left(\frac{\delta'}{5}\right)^2 + 2\Sigma(d_p - d_i)\left[1 - \left(\frac{d_p + d_i}{5}\right)^2\right],$$

$$\sum_{x \equiv \pm 1 \pmod{10}} F(4N - x^2) = 2\left[1 + 5^\mu\left(\frac{N'}{5}\right)\right]\Sigma\delta'\left(\frac{\delta'}{5}\right) - 2\Sigma\delta'\left(\frac{\delta'}{5}\right)^2 + \Sigma(d_1 - d)\left(\frac{d_1 + d}{5}\right)\left[1 + \left(\frac{d_1 + d}{5}\right)\right].$$

Et, comme formules du second type,

$$\sum_{x \gtreqless 0} F(N - 25x^2) = \frac{1}{2}\Sigma(-1)^{d'}\left(\frac{d'}{5}\right)^2 + \frac{1}{2}\Sigma(-1)^{d_1}(d_1 - d) - \frac{1}{2}\Sigma(-1)^{d_1}(d_1 - d)\left(\frac{d_1 + d}{5}\right)^2 + \frac{1}{4}\Phi(N) + \frac{5}{4}\Phi\left(\frac{N}{25}\right),$$

et

$$\sum_{x\equiv\pm 1\,(\mathrm{mod}\,5)} \mathrm{F}(\mathrm{N}-x^2) = \frac{1}{4}\sum(-1)^{d'}d'\left(\frac{d'}{5}\right)\left[1+5^2\left(\frac{\mathrm{N}'}{5}\right)\right] - \frac{1}{4}\sum d'(-1)^{d'}\left(\frac{d'}{5}\right)^2$$
$$+\frac{1}{4}\sum(-1)^{d_1}(d_1-d)\left(\frac{d_1+d}{5}\right)^2 - \frac{1}{4}\sum(-1)^{d_1}(d_1-d)\left(\frac{d_1+d}{5}\right)$$
$$+\frac{5}{8}\Phi(\mathrm{N}) - \frac{5}{8}\Phi\left(\frac{\mathrm{N}}{25}\right).$$

Des formules analogues existent pour $x \equiv \pm 2 \pmod 5$, et aussi pour la fonction F_1, nombre des classes de l'ordre impropre, de discriminant donné.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Sur l'équilibre et les petits mouvements des systèmes soumis à des liaisons d'ordre quelconque.* Note de M. **Et. Delassus**, présentée par M. J. Hadamard.

1. Une liaison de première classe sera indépendante du temps quand les hypothèses suivantes seront réalisées :

1° La position du système dépend uniquement des valeurs des paramètres q;

2° t ne figure explicitement dans aucune des équations de la liaison;

3° Chaque équation du premier ordre de la liaison est homogène aux q';

4° Dans chaque équation du second ordre de la liaison, équation qui est linéaire aux q'', les coefficients des q'' sont homogènes aux q' et du même degré d'homogénéité, le terme indépendant des q'' est homogène aux q' et son degré d'homogénéité est de deux unités plus élevé que celui des coefficients des q''.

Les équations du mouvement sont les équations de la liaison auxquelles on adjoint l'équation de Dalembert généralisée

$$\sum(\mathrm{P}+\mathrm{Q})\,\omega + \sum\lambda\varphi(\omega) = 0,$$

les φ étant les équations du second ordre de la liaison, réduites à leurs termes aux q''.

Désignons par $\psi(\omega)$ les fonctions φ où l'on introduit l'hypothèse que tous les q' sont nuls. Les équations d'équilibre sont les équations finies de la liaison et l'équation de Lagrange généralisée

$$\sum \mathrm{Q}\omega + \sum\lambda\psi(\omega) = 0.$$

Il peut arriver que les fonctions ψ, ne provenant pas, par dérivation, d'équations finies de la liaison, soient identiquement nulles. Elles peuvent être toutes identiquement nulles, l'équilibre a lieu alors en tenant compte seulement des liaisons finies; on peut dire que c'est un *équilibre holonome*. On a ainsi la généralisation d'une remarque faite par M. Appell dans le cas de liaisons non linéaires du premier ordre.

Si $q_1 = \ldots = q_n = 0$ est une position d'équilibre, il existe des multiplicateurs μ satisfaisant à

$$\Sigma Q_0 \omega + \Sigma \mu \varphi_0(\omega) = 0,$$

l'indice zéro indiquant qu'on a annulé tous les q et les q'.

2. Pour l'équilibre les q sont nuls, mais non les λ qui sont alors les constantes μ.

Si l'on cherche à former les équations des petits mouvements au voisinage de la position d'équilibre $q_1 = \ldots = q_n = 0$, on est conduit à la règle suivante :

On considère la somme de Dalembert complétée

$$\Sigma(P+Q)\omega + \Sigma \mu \varphi(\omega),$$

on la suppose développée suivant les puissances croissantes des q, q', q'', on détermine les constantes μ de façon que le terme constant soit nul, puis on la réduit ainsi que toutes les équations de la liaison aux termes du premier degré du développement indiqué. Enfin, sur cette somme et cette liaison ainsi réduites, on applique, sous l'une quelconque de ses formes, le principe de Dalembert généralisé.

3. Si les ψ et tous les $\frac{\partial \psi}{\partial q'}$ sont identiquement nuls quand on y fait tous les q' égaux à zéro, les petits mouvements ne dépendront que de la partie finie de la liaison et, cela, pour toutes les positions d'équilibre.

4. Les équations du second ordre de la liaison réduite sont les équations

$$\varphi_0(q'') = 0, \quad \ldots$$

linéaires homogènes et à coefficients constants. Elles peuvent s'intégrer deux fois en donnant

$$\varphi_0(q) = \alpha t + \beta, \quad \ldots,$$

α et β étant deux constantes arbitraires, α étant nulle si φ_0 provient d'une

équation du premier ordre, α et β étant nulles toutes deux si φ_0 provient d'une équation finie. En tous cas la liaison réduite se compose uniquement d'équations finies, ce qui permet de dire : *Les petits mouvements d'un système à liaisons quelconques de première classe indépendantes du temps sont toujours holonomes*.

5. Ces relations finies permettent d'exprimer les q en fonction de paramètres indépendants p et du temps, ces fonctions étant linéaires à coefficients constants.

La somme de Dalembert complétée, réduite et mise sous la forme

$$\Sigma R \delta q$$

se transforme en

$$\Sigma S \delta p$$

et les petits mouvements seront donnés par les équations

$$S = 0, \qquad \ldots$$

aux inconnues p qui sont encore linéaires et à coefficients constants, mais possèdent des seconds membres, fonctions linéaires de t si la liaison réduite est du second ordre, constants si elle est du premier ordre et nuls si elle est finie.

6. Si la liaison réduite est effectivement du second ordre, on a une relation effective

$$\varphi_0(q) = \alpha t + \beta,$$

α n'étant pas nul, et les q contiennent des termes devenant infinis avec t, donc : *Les équilibres pour lesquels la liaison réduite est encore effectivement du second ordre sont certainement instables.*

Si la liaison réduite n'est que du premier ordre, mais qu'entre ses équations et celles fournies par la somme de Dalembert complétée et réduite on puisse éliminer les q et les q', on retrouvera ainsi une équation de la forme

$$\varphi_0(q'') = 0$$

et la même conséquence au point de vue de l'instabilité.

ÉLECTRICITÉ. — *Puissance intérieure et couple synchronisant des alternateurs synchrones travaillant sur réseau à potentiel constant ou en parallèle.* Note [1] de M. **André Blondel**, présentée par M. P. Villard.

La puissance intérieure de l'alternateur qui échange un courant efficace I, sous la tension efficace U et sous un décalage φ, avec le circuit extérieur [2], a pour expression, en appelant p les pertes par frottements, hystérésis et courants de Foucault : $P = UI\cos\varphi \pm rI^2 \pm p$. Le signe + se rapporte au cas de la génératrice, et le signe — au cas de la réceptrice. Le premier terme peut être calculé en multipliant deux à deux les composantes de la force électromotrice E_d et du courant I_d, dirigées suivant l'un des pôles, et que j'appellerai, pour simplifier, composantes *directes*, puis les composantes dirigées suivant l'axe perpendiculaire, E_t et I_t, que j'appellerai *transversales*. D'où, en désignant par ψ le décalage de I par rapport à l'axe des pôles,

$$UI\cos\varphi = E_d I_d + E_t I_t = E_d I \cos\psi + E_t I \sin\psi.$$

Lorsque l'alternateur est soumis à des oscillations de vitesse, propres ou forcées très petites, les variations des termes rI^2 et p sont des infiniment petits du second ordre ; on peut donc ramener le calcul de la variation dP sensiblement à celui de la variation du premier terme de P.

Or, tandis que le courant *utile* I et son décalage φ ne changent pas pendant les oscillations, tout décalage de l'induit en avance d'un angle $d\psi$ produit deux effets :

1° Il modifie les composantes directe et transversale du courant I par rapport à l'axe polaire ; la composante directe $I\cos\psi$ subit une variation

$$d(I\cos\psi) = -I\sin\psi\, d\psi;$$

la composante transversale $I\sin\psi$ subit de même une variation $I\cos\psi\, d\psi$;

2° Il fait tourner les composantes E_d et E_t de la force électromotrice du même angle $d\psi$. La rotation de la force électromotrice directe E_d équivaut à l'introduction d'une force électromotrice transversale $e_1 = E_d . d\psi$.

La force électromotrice transversale E_t induite par le courant direct

---

(1) Présentée dans la séance du 24 février 1913.

(2) Voir ma Communication des *Comptes rendus*, 17 février 1913, aux figures de laquelle le lecteur est prié de vouloir bien se reporter.

subit une variation $e_d = \frac{dE}{d\psi} d\psi = -\omega L_t I \sin\psi \, d\psi$ et produit en outre, par son déplacement angulaire $d\psi$, une force contre-électromotrice directe $-E_t \, d\psi = -\omega L_t I \cos\psi \, d\psi$.

Pour que la tension aux bornes U reste la même, il faut que ces forces électromotrices supplémentaires introduites par le décalage soient compensées par des courants supplémentaires prenant naissance dans l'induit ; ces courants $\left(\text{en retard de } \frac{\pi}{2}\right)$ se calculent en divisant chacune d'elles par l'impédance correspondante, ou (comme la résistance est négligeable) par la réactance correspondante de même nom, que j'appelle respectivement ωL_t et ωL_d. On a ainsi un courant supplémentaire direct total

$$i_d = \frac{E_d \, d\psi}{\omega L_t} - I \sin\psi \, d\psi$$

et un courant supplémentaire transversal total

$$-i_t = -\frac{\omega L_t I \cos\psi \, d\psi}{\omega L_d} + I \cos\psi \, d\psi.$$

En multipliant chaque courant supplémentaire par la force électromotrice de même phase, on obtient la variation totale de puissance

$$dP = E_d i_d + E_t i_t = E_d \, d\psi \left(\frac{E_d}{\omega L_t} - I \sin\psi\right) - \frac{\omega L_t}{\omega L_d}(\omega L_t - \omega L_d) I^2 \cos^2\psi \, d\psi.$$

Si l'on introduit la force électromotrice joubertique définie dans ma Communication précédente et dont l'expression est $E_j = E_d + \omega L_t I \sin\psi$, on obtient l'expression équivalente :

$$\frac{dP}{d\psi} = (E_j - \omega L_t I \sin\psi) \frac{E_j}{\omega L_t} - \frac{L_t}{L_d}(\omega L_t - \omega L_d) I^2 \cos^2\psi.$$

que j'avais donnée par une méthode moins rigoureuse dans une autre Communication antérieure (*Comptes rendus*, 28 mai 1912) avec cette seule différence que le second terme est multiplié par un facteur correctif $\frac{L_t}{L_d}$ (1). Ce facteur se réduit à l'unité quand on a affaire à un alternateur suivant la loi de Joubert. Dans ce cas, l'expression de la variation se réduit, en appelant I_{cc} le courant de court circuit, à

$$\frac{dP}{d\psi} = E(I - I_{cc} \sin\psi),$$

(1) On remarquera que $L_t - L_d$ ne diffère pas de $l_t - l_d$, car $L_t = l_t + s$ et $L_d = l_d + s$.

expression que j'avais donnée dans un travail plus ancien (¹) pour les alternateurs suivant la loi de Joubert.

Dans les formules précédentes, le coefficient transversal L_t est supposé sensiblement constant (car il dépend surtout de l'entrefer), sauf corrections, s'il y a lieu de tenir compte de la situation de l'induit ou des pièces polaires. Le coefficient direct L_d, qu'on peut définir par la variation de force électromotrice intérieure $\mathcal{E}$, dépend des conditions de saturation du circuit magnétique total et n'est considéré ici que grâce à l'hypothèse de la *faible amplitude* des oscillations; on admet que, pendant ces dernières, les contre-ampères-tours de l'induit varient assez peu pour que le point N_1 se déplace sensiblement sur la tangente à la caractéristique ON_1 (voir *Comptes rendus*, 17 février, *fig.* 2). Soit $\tang\delta$ le coefficient angulaire de cette tangente, on a

$$L_d = \frac{d\mathcal{E}_1}{\omega\, dI} = \frac{KN}{\omega\sqrt{2}}\left(1 + \frac{\tang\alpha}{\tang\beta}\right)\tang\delta = \frac{kN^2}{2}\left(1 + \frac{\mathcal{P}_f}{\mathcal{P}_m}\right)\mathcal{P},$$

en appelant $\mathcal{P}$ la perméance du circuit magnétique principal (inducteur et induit en série), $\mathcal{P}_f$ la perméance du circuit de fuite des inducteurs, $\mathcal{P}_m$ la perméance des inducteurs seuls supposées seulement constantes, k le coefficient de chevauchement des spires induites.

La différence entre L_t et L_d, souvent importante dans les alternateurs saturés, justifie l'emploi des formules ci-dessus dans le calcul du couple synchronisant et dans les applications que j'en ai faites précédemment (²). Ces formules peuvent expliquer les différences notables obtenues entre les résultats de l'expérience et ceux que donnent les formules déduites de la théorie de Joubert.

Elles expliquent aussi très simplement la différence des effets que produit le compoundage électrique de l'excitation, suivant la façon dont il est réalisé. Si le compoundage annule les deux réactions, directe et transversale, c'est-à-dire i_t et i_d, il n'y a plus d'effet correctif et le régime de l'alternateur est théoriquement indéterminé, si l'on n'a soin d'ajouter entre les bornes mêmes des alternateurs des conducteurs d'équilibre comme l'a imaginé M. Boucherot. Au contraire, si le compoundage compense seule-

(¹) *Sur le couplage des alternateurs* (*Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, janvier, février et mars 1894).

(²) Cf. *Comptes rendus*, 28 mai 1912. Cette Note renferme quelques erreurs typographiques faciles à rectifier; notamment le facteur p a été omis au numérateur de l'expression θ.

ment la réaction sur la force électromotrice directe, le courant réactif i_t est seul annulé, le premier terme de dP, qui contient seulement i_a, subsiste et produit son effet correctif, sans nécessiter des connexions d'équilibre, ainsi que l'a vérifié l'expérience (¹).

MICROGRAPHIE. — *Nouveau montage des préparations microscopiques permettant l'étude des deux faces aux plus forts grossissements et supprimant les procédés spéciaux d'emballage.* Note (²) de M. **Casimir Cépède**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Les recherches microscopiques que j'ai poursuivies sur des matériaux divers, animaux et végétaux, m'ont fait désirer bien souvent de pouvoir observer les pièces montées au baume, à la gélatine glycérinée ou dans tout autre milieu permanent, sur les deux faces de la préparation à l'aide des plus forts grossissements.

Certains stades très importants du cycle évolutif d'un Protozoaire, les détails structuraux de certains Protophytes (Péridiniens, Diatomées, etc.) sont difficiles à définir à cause de l'épaisseur du matériel. L'examen à l'immersion ne porte en effet jusqu'ici que sur une face de la préparation, ce qui empêche l'étude complète de l'objet monté.

Mes études actuelles sur les Copépodes de la Mission Charcot, que m'ont si aimablement confiés MM. les professeurs Bouvier et Joubin, m'ont incité à rechercher un montage permettant d'observer les deux faces opposées d'un même objet aux plus forts grossissements sans en démonter la préparation et d'étudier les appendices si complexes de ces Crustacés en conservant les spécimens intacts.

Après de nombreux essais, j'ai pu enfin réaliser *d'une manière simple et avec une réelle économie de temps et d'argent ce nouveau montage microscopique.*

En voici la technique :

Nous supposerons vouloir monter un Copépode. La technique adéquate à chaque matériel est très aisée à trouver, car notre méthode est dans tous les cas d'une extraordinaire simplicité.

Les lames ordinaires sont perforées d'un trou circulaire dans leur région cen-

(¹) Cf. A. Blondel, *Sur le compoundage des alternateurs* (*Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, 2ᵉ série, t. X, 5 janvier 1910).

(²) Présentée à la séance du 24 février 1913.

trale [1]. Cet orifice est dans mon prototype de 19^{mm} de diamètre. *Le bord supérieur est rodé obliquement*, de manière à avoir un diamètre extérieur de 23^{mm}; sur la face opposée on donne un léger rodage de finissage [2]. La lame ainsi préparée est prête au montage [3]. On prend des lamelles rondes de 22^{mm} qui sont toutes deux porte et

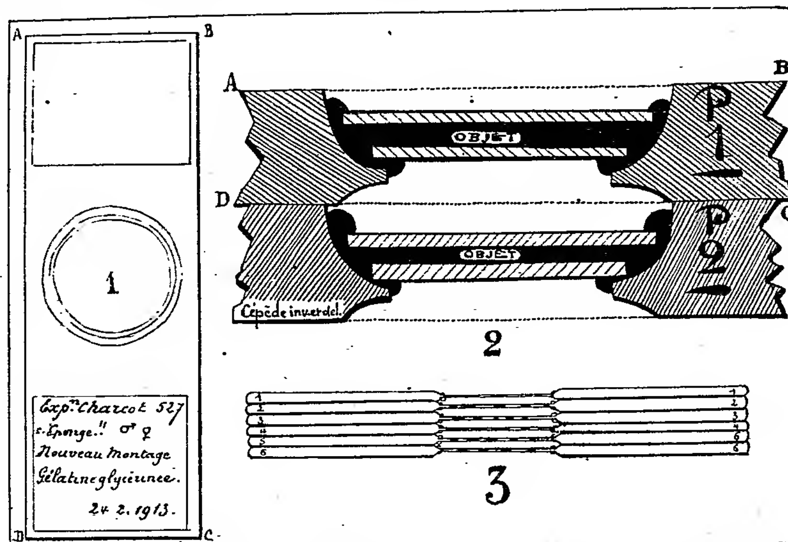


Fig. 1. — Lame ajourée et rodée (modèle courant), *grandeur naturelle*.

Fig. 2. — Figure grossie de deux préparations microscopiques p_1 et p_2 superposées montrant le détail du montage et ses avantages. Le milieu permanent est figuré en noir, les lamelles en hachuré lâche, les lames en hachuré plus serré.

Fig. 3. — Paquet de six préparations superposées : les objets sont en noir.

couvre-objets [4]. La lame a la grande lumière en haut. 1° On met la lamelle dans la lumière; 2° on verse le milieu permanent (baume ou gélatine); 3° on place et oriente le Copépode sur sa face dorsale, tous les appendices aussi bien étalés que possible; 4° on place le couvre-objet sur lequel on presse très légèrement. Le baume ou la gélatine s'étale et vient servir de ciment unissant les lamelles à la lame ajourée. On laisse sécher comme à l'ordinaire et l'on a ainsi une préparation ABCD [5] (*fig.* 1).

---

(1) Ou de deux orifices symétriques par rapport au milieu, si l'on veut faire des préparations doubles.

(2) Nous verrons plus loin que tous les formats de lames pouvant être employés, on peut avoir un diamètre quelconque pour l'orifice-lumière.

(3) Je remercie bien vivement MM. Gauthier et Bertin, opticiens spécialistes, qui ont très gracieusement exécuté mon prototype.

(4) On peut recouvrir l'objet avec une lamelle de plus petit diamètre; on réalise ainsi une nouvelle économie.

(5) Nous noterons en passant que la lame ajourée peut aussi bien être de l'ébonite, du celluloïd, ou tout autre corps rigide facilement travaillé. Le choix dépend du désir du micrographe.

L'examen de la figure 2 (ABCD) montre avec quelle facilité on étudiera aux plus forts grossissements les deux faces de la préparation (Protozoaires, coupe de tissus, Animaux invertébrés de petite taille), puisque de chaque côté ne s'interposent entre l'objet et l'objectif que la *lamelle ordinaire* et la mince couche de baume habituelle nécessaire au montage.

Les essais que nous avons faits démontrent avec quelle solidité le milieu (même la gélatine) fixe la préparation interlamellaire à la lame ajourée. Le baume solidifié est d'une dureté parfaite. La flexibilité des lamelles unies par le milieu de montage est telle qu'on ne risque plus soit d'écraser une préparation précieuse, soit d'abîmer la lentille frontale d'un objectif de grande valeur et de distance frontale très faible (1,5 Zeiss, par exemple).

Note additionnelle. — En plaçant une lamelle dans la lumière de la lame ajourée, orientée avec sa lumière la plus grande en haut, comme ci-dessus, et en la fixant sur le bord inférieur du rodage (diam. 19^{mm}) avec un peu de baume placé sur ce bord, on a un excellent petit aquarium qu'on peut utiliser sans le couvrir ou qu'on peut clore avec des lamelles de divers diamètres, de manière à augmenter la hauteur du liquide, selon les désirs de l'observateur. Pour cette dernière application de notre dispositif à lame ajourée et rodée, on peut augmenter à volonté l'épaisseur de la lame de verre employée. Ce dispositif rend notamment de sérieux services dans le triage microscopique des matériaux planktoniques ou benthiques.

Simplification de l'emballage des préparations. — Si nous étudions la figure ABCD (2) ou le prototype qui accompagne cette Note, nous constatons qu'un vide toujours considérable sépare la surface de chaque lamelle de la surface correspondante de la lame ajourée. On peut donc emballer très facilement les préparations obtenues par notre nouveau montage, en appliquant les préparations les unes contre les autres, comme les assiettes d'une pile et de maintenir les paquets formés soit en les plaçant dans des papiers ficelés, soit en unissant les lames d'une pile par un petit caoutchouc. L'emballage se fait ensuite comme celui de tous les objets fragiles, sans boîtes, cartons ou meubles spéciaux, toujours d'un emploi coûteux et souvent imparfait.

Conclusions. — Facilité d'étude aux plus forts grossissements des deux faces d'une même préparation microscopique, suppression des emballages spéciaux coûteux et imparfaits : tels sont les avantages du nouveau procédé de montage que nous avons imaginé et qui nous a rendu déjà de très importants services.

Nous aurons grand plaisir à apprendre que notre montage aura rendu à nos collègues la tâche de micrographe moins pénible en leur économisant un temps précieux et des dépenses désormais inutiles.

RADIOGRAPHIE. — *Une application nouvelle des rayons X : la microradiographie.* Note de M. **Pierre Goby**, présentée par M. Bouvier.

La méthode nouvelle d'emploi des rayons X que j'ai l'honneur de présenter sous le nom de *microradiographie* a pour but de rendre facilement et complètement observables dans leur structure interne les objets qui, tributaires du microscope par leur petitesse, lui échappent par leur opacité. Elle substitue au procédé des coupes, souvent lent et coûteux, toujours indirect et destructif, une véritable dissection optique, rapide et conservatrice,

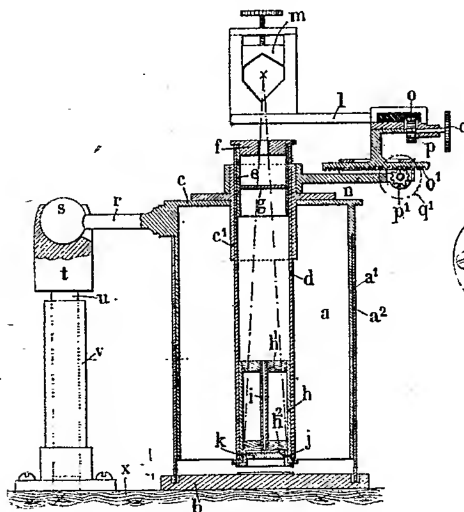


Fig. 1. — Coupe verticale.

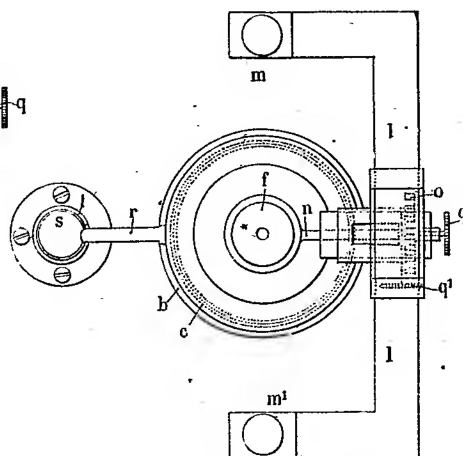


Fig. 2. — Détail du porte-ampoule.

décelant de telles finesses qu'il suffit d'agrandir le minuscule radiotype directement obtenu (voir *fig.* 3 à 5) pour pouvoir alors l'étudier à l'œil nu avec la même facilité qu'un macroradiogramme ordinaire.

La difficulté d'obtenir, par les rayons Rœntgen, une telle netteté a été surmontée au moyen de l'appareil de précision, qu'on voit *figure* 1, porté sur une colonne à tirage *u*, *v* et à genouillère *s*, qui permet de le dégager de la rainure circulaire de son socle *b*, pour le faire pivoter en position horizontale.

Deux larges cylindres en métal a^1, a^2, montés à coulisse, forment une chambre noire, de longueur variable à volonté, dont le fond *c* laisse passer, à travers une douille à glissière c^1, un tube axial *d* en métal, destiné à la suppression des rayons secondaires ou parasites et à la transmission du faisceau de rayons actifs que laisse

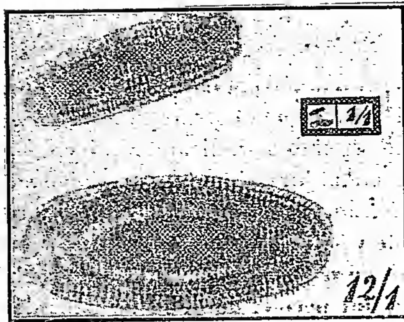


Fig. 3. — Diatomées.

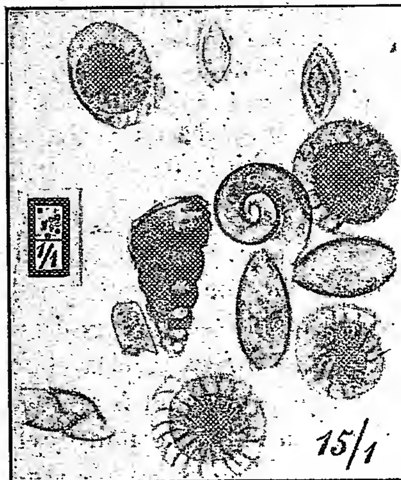


Fig 4. — Foraminifères, etc.

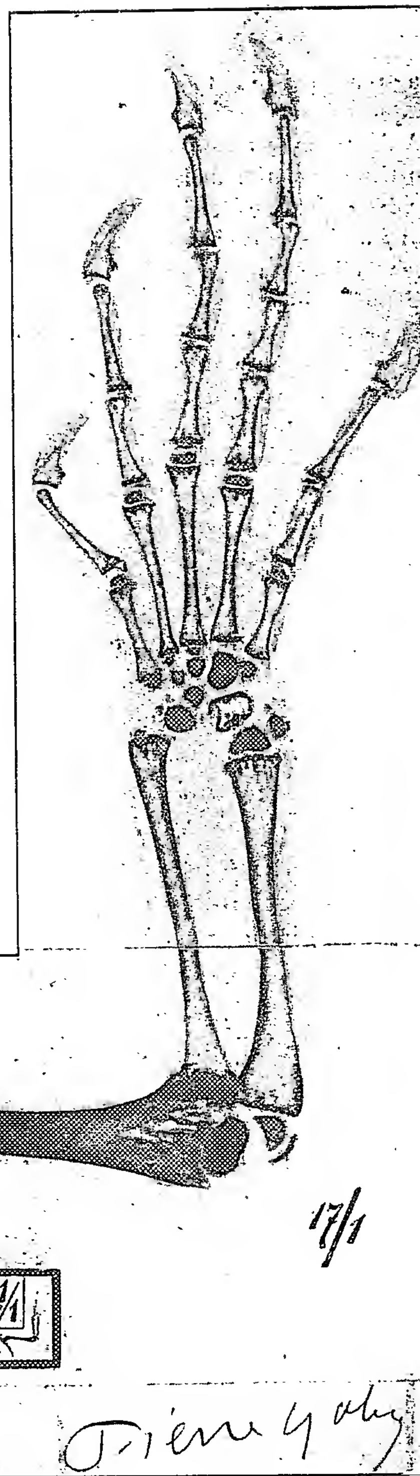


Fig. 5. — Patte antérieure droite de jeune *Lacerta muralis*.
[Photogrammes de microradiotypes en *grandeur naturelle* ($\frac{1}{1}$) et agrandissements directs].

pénétrer l'épais diaphragme de plomb f, de très petit diamètre, tandis qu'un disque g, opaque aux seuls rayons lumineux, joue le rôle d'obturateur photographique.

A l'autre extrémité du tube d peut s'adapter un régulateur-indicateur d'incidence, constitué essentiellement par un très étroit tube métallique i, maintenu axialement par deux disques h^1, h^2, perméables aux rayons X, normal à un petit écran fluorescent j, qu'on peut examiner à travers un disque de verre au plomb k, destiné à protéger l'œil de l'opérateur, lorsque l'appareil est mis en position horizontale. Il est clair qu'il suffit alors d'agir sur le mécanisme o, p, q, qui permet de déplacer dans deux sens perpendiculaires le porte-ampoule l, pour amener le tube spécial de Rœntgen, serré entre les pinces isolantes m, m^1, dans une position telle qu'apparaisse au centre de l'écran, entourée d'un cercle noir, la petite tache lumineuse indiquant que le rayon central du faisceau va suivre dorénavant l'axe même du tube. On peut encore régler, d'après l'étendue de la zone illuminée de l'écran, l'amplitude désirée du champ radiographique, en rapprochant ou éloignant le tube d de la source irradiante, qu'il suffira de fixer définitivement, avec le porte-ampoule, solidaire de la chambre noire, pour n'avoir plus à recommencer ce réglage d'incidence, fait une fois pour toutes, et après lequel l'indicateur doit être mis de côté.

Si alors, à la lumière du laboratoire photographique, on place au centre de l'épais disque de plomb b, marqué d'une croix diamétrale, pour le repérage, la petite plaque sensible, choisie de préférence carrée et de grain très fin, puis qu'on pose au centre de celle-ci, en contact *direct* avec la couche sensibilisée, sans interposition de papier noir, le petit objet à radiographier, il ne restera qu'à rabattre sur sa rainure la chambre noire cylindrique, et à faire passer pendant un temps convenable les rayons appropriés d'une ampoule *à très petit focus*, pour aboutir, grâce à la normalité du faisceau incident et à la suppression de l'enveloppe de papier, la grande netteté qui permet de transformer en agrandissements considérables (*fig.* 3, 4, 5) les microradiotypes dont les épreuves photographiques ordinaires, en grandeur naturelle, sont données dans les petits cadres ($\frac{1}{1}$).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Phénomènes capillaires dans les gaz : extension de la formule de Laplace au contact solide-gaz.* Note de M. G. **Reboul**, présentée par M. Lippmann.

J'ai montré précédemment [1] que l'action chimique d'un gaz sur un solide dépend de la forme géométrique de ce dernier, et qu'elle est plus vive aux points où la courbure moyenne est plus grande. J'ai cherché à

[1] *Comptes rendus*, 9 décembre 1912, 17 février 1913.

établir comment la quantité de sel formé dépend des rayons de courbure du solide.

I. Les expériences sont assez faciles à réaliser à cause de la transparence du composé qui se forme : les colorations de lames minces produites à la surface du corps attaqué renseignent sur l'épaisseur de la couche de sel et permettent ainsi sans difficulté le dosage relatif de quantités minimes du composé résultant de l'attaque du gaz sur le solide. Il suffit de prendre des corps de courbure différente, de les exposer dans les mêmes conditions à l'atmosphère réagissante et de déterminer ensuite, d'après la coloration de la lumière réfléchie, l'épaisseur relative de la couche de sel qui a été formée.

On prend une série de cylindres de diamètre différent, leur longueur est d'environ 6^{cm}, leurs extrémités ont été paraffinées ou étamées sur une longueur de 1^{cm} de manière à éviter les perturbations dues aux arêtes de la coupure; après l'attaque, chacun des cylindres présente une teinte uniforme.

Par exemple, avec une série de six cylindres de cuivre maintenus pendant 25 minutes à une pression de $0^{mm},6$, le caoutchouc vulcanisé étant la source d'émission du gaz actif, on obtient les résultats suivants :

Diamètre du cylindre (en millimètres)............	1,5	1	0,78	0,55	0,35	0,23
Lumière réfléchie.........	rouge	violet	bleu	bleu pâle	vert jaunâtre	jaune
Épaisseur correspondante (unités arbitraires)......	250	280	300	340	400	450

Ces résultats vérifient assez bien une relation de la forme

$$a^q = \frac{b}{2R} + c, \quad (1)$$

q épaisseur de la couche de sel formé, R rayon du cylindre; a, b, c sont des constantes qui, dans l'exemple précédent, prennent les valeurs $a = 1,003$, $b = 6,46$, $c = 18,09$. En substituant dans les deux membres de l'équation (1), on obtient les identités suivantes :

$$22,39 = 22,39 \qquad 24,67 = 24,55 \qquad 26,31 = 26,37$$
$$29,96 = 29,83 \qquad 36,30 = 36,49 \qquad 43,4 = 43,8$$

Étant donnée la grande difficulté qu'il y a à apprécier exactement les diverses teintes, la relation apparaît comme suffisamment vérifiée.

Plusieurs autres séries de cylindres dans des conditions de pression un peu différentes ont donné la vérification de la même formule avec des valeurs des constantes a, b, c légèrement différentes. La même vérification a été faite avec des cylindres d'argent attaqués, à la pression ordinaire, par des vapeurs d'iode.

La même formule s'est trouvée également vérifiée avec des solides en forme de cône : on mesurait le rayon de courbure en divers points de la surface conique et l'épaisseur de sel correspondante.

Dès que l'épaisseur de sel devient telle qu'on arrive aux colorations du troisième ordre, la vérification de la formule (1) devient mauvaise. Ce sont d'ailleurs les couleurs du premier et du deuxième ordre qu'on peut apprécier avec le plus de précision.

II. Si l'on fait l'hypothèse qu'il y a augmentation de la concentration gazeuse à la surface de séparation du métal et du gaz, il devient facile d'expliquer les résultats précédents et de montrer que la relation (1) est une conséquence de la formule que Laplace a donnée pour les phénomènes capillaires.

Soit q l'épaisseur de la couche de sel formé au temps t, par unité de surface la quantité du composé sera q. La vitesse $\frac{dq}{dt}$ de la réaction chimique est proportionnelle à la concentration Γ du gaz réagissant; en outre, cette vitesse diminue à mesure que l'épaisseur du composé formé augmente, puisque ce composé gêne le contact du solide et du gaz; admettons que cette diminution ait lieu suivant une loi exponentielle, on aura

$$\frac{dq}{dt} = k\frac{\Gamma}{a^q},$$

k pouvant d'ailleurs être une fonction quelconque de t. Pour une durée d'exposition toujours la même, t étant constant, l'épaisseur du sel formé sera donc liée à la concentration par une expression de la forme

$$a^q = k'\Gamma + c.$$

En comparant à la formule (1) que donne l'expérience, on voit que la concentration du gaz est liée à $\frac{1}{R}$ par une relation linéaire.

En chaque point de la surface de séparation d'un solide et d'un gaz, il y aurait une concentration de l'atmosphère gazeuse qui serait proportionnelle à la courbure de la surface du point considéré.

On exprimerait la même chose en disant *qu'il y a, en chaque point de la*

surface de séparation solide-gaz, un excès de pression proportionnel à la courbure moyenne : on retrouve ainsi la formule de Laplace.

Il semble donc y avoir au contact des solides et des gaz des actions de surface dont les lois seraient analogues à celles que révèle l'étude des phénomènes classiques de capillarité. Il me paraît intéressant de rapprocher de ces faits les phénomènes électrocapillaires dont j'ai montré l'existence au contact mercure-gaz [1] et qui ont un aspect analogue à celui des phénomènes électrocapillaires découverts par M. Lippmann.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Énergie absorbée et masse formée dans une réaction photochimique.* Note de M. **Marcel Boll**, présentée par M. A. Haller.

La mesure électrométrique de la conductivité d'une solution très étendue d'acide tétrachloroplatinique m'a permis à la fois de suivre l'évolution de cette solution, sous l'influence d'une radiation monochromatique ($\lambda = 2536$ U. A.) et d'évaluer l'énergie absorbée par une substance quelconque interposée sur le trajet des rayons [2] : on verse la solution d'acide chloroplatinique dans une cuve B, qui reçoit le rayonnement par en haut et au-dessus de laquelle on place une autre cuve A parallélépipédique, à fond de quartz, pouvant contenir divers absorbants.

Si, comme corps absorbant, on emploie une solution *de ce même acide tétrachloroplatinique*, la variation de conductivité de la cuve A fournit une mesure de la masse formée, et cette masse correspond à une certaine absorption de rayonnement, qui est liée à la variation de conductivité de la cuve B.

1° *Énergie absorbée.* — La cuve A contient une solution d'épaisseur l_1 et de concentration c. Désignons respectivement par W_0 et W_1 l'énergie rayonnante qui entre dans A et celle qui en sort. L'expérience a montré (*voir* les Tableaux ci-après) que l'énergie émergente W_1 est donnée par les lois de Lambert et de Beer, *même dans ce système qui réagit chimiquement,*

$$W_1 = W_0 e^{-\varkappa l_1 c}$$

($\varkappa$ désigne le coefficient d'absorption de l'acide tétrachloroplatinique); l'énergie absorbée par la cuve A est, par suite, égale à

$$W_a = W_0 - W_1 = W_0(1 - e^{-\varkappa l_1 c}). \tag{1}$$

(1) *Comptes rendus*, janvier 1909.

(2) Marcel Boll, *Relation entre la vitesse d'une réaction photochimique et l'énergie rayonnante incidente* (*Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 138).

2° *Masse formée.* — La réaction étant bimoléculaire totale (¹), on a, en représentant par K son coefficient de vitesse,

$$\frac{dc}{dt} = -\mathrm{K}c^2.$$

Si nous considérons une couche de surface s ($s = 4^{\mathrm{cm}^2},8$) et d'épaisseur dl, située à une distance l de la surface libre, la masse d'acide d^2m détruite pendant le temps dt dans le volume $s\,dl$ est

$$d^2m = -dc\,s\,dl = \mathrm{K}c^2\,s\,dl\,dt.$$

Mais, comme je l'ai montré précédemment, le coefficient K est proportionnel à l'énergie incidente, c'est-à-dire à l'énergie

$$\mathrm{W} = \mathrm{W}_0 e^{-\varkappa l c}$$

qui tombe sur la couche dl, et il vient [2]

$$d^2m = ks\mathrm{W}_0 c^2 e^{-\varkappa l c}\,dl\,dt, \tag{2}$$

où k est une constante qui est fonction de la fréquence du rayonnement et de l'affinité de la réaction, mais qui est indépendante de l'énergie incidente, de l'absorption et de la concentration.

Si l'expérience dure un temps assez court ($t = 180$ secondes, par exemple) pour que la concentration c ne varie pas de façon notable, la masse dm, détruite dans la couche dl au bout du temps t, est alors

$$dm = kst\mathrm{W}_0 c^2 e^{-\varkappa l c}\,dl,$$

et, en intégrant entre $l = 0$ et $l = l_1$, on trouve [3]

$$m = \frac{kst\mathrm{W}_0}{\varkappa}\,c(1 - e^{-\varkappa l_1 c}) = \frac{kst}{\varkappa}\,c\mathrm{W}_a. \tag{3}$$

Cette masse est *à la fois* proportionnelle à l'énergie absorbée et à la concentration, grandeurs qui dépendent l'une de l'autre suivant la relation (1).

Les formules (1) et (3) peuvent être vérifiées expérimentalement. Toutes

---

(¹) Marcel Boll et Paul Job, *Cinétique photochimique des acides chloroplatiniques en solution très étendue* (*Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 881).

(²) La loi élémentaire (2) m'a été indiquée par M. Paul Langevin.

(³) En s'appuyant sur différentes hypothèses, Gros (*Zeitschrift für phys. Chem.*, t. XXXVII, 1901, p. 157) était parvenu par le calcul à cette conséquence que, quand une réaction est d'ordre n, la vitesse de la réaction doit être proportionnelle à c^{n-1}. Des essais de vérification expérimentale ont été tentés par Gros lui-même, puis par Goldberg (*Zeitschrift für wiss. Photogr.*, 1902) et d'autres, sans succès d'ailleurs, car on ne connaissait pas jusqu'à présent de réaction photochimique dont l'ordre fût nettement différent de l'unité.

les grandeurs ont été exprimées dans le système C.G.S., sauf l'énergie rayonnante, qui n'est connue qu'en valeur relative (on a posé $W_0 = 1$)

$$\begin{cases} W_a = 1 - e^{-1,46\times10^7 l_1 c}, \\ m = 31,6\,c W_a. \end{cases}$$

Les Tableaux suivants reproduisent les résultats obtenus [v_1 indique les volumes de solution versés dans la cuve A; la cuve B renferme toujours 1^{cm^3} d'acide tétrachloroplatinique dix-millinormal $\left(c = 10^{-7} \frac{\text{mol.-g.}}{\text{cm}^3}\right)$].

l_1 = const. = 0,416 cm.

c en $\frac{\text{mol.-g.}}{\text{cm}^3}$.	W_a obs.	W_a calc.	m en g. obs.	m en g. calc.
0,2 $\times 10^{-7}$	0,14	0,12	0,7 $\times 10^{-7}$	0,7 $\times 10^{-7}$
0,5	0,30	0,26	5	4,5
0,75	0,39	0,37	10	9
1	0,46	0,45	15	14
1,5	0,59	0,60	27	28
2	0,72	0,71	44	44

c = const. = $10^{-7} \frac{\text{mol.-g.}}{\text{cm}^3}$.

v_1 en cm³.	l_1 en cm.	W_a obs.	W_a calc.	m en g. obs.	m en g. calc.
0,5	0,104	0,17	0,21	5,3 $\times 10^{-7}$	6 $\times 10^{-7}$
1	0,208	0,29	0,30	8,3	9
2	0,416	0,46	0,45	15	14
3	0,624	0,60	0,60	19	19
4	0,832	0,69	0,70	22	22
5	1,04	0,82	0,86	24	25
10	2,08	0,93	0,96	29	30

La forme de la relation (3) montre — et l'expérience vérifie — que, pour de faibles concentrations, la masse formée est très minime, quoique l'énergie absorbée soit relativement considérable ; il n'y a donc pas proportionnalité entre ces deux grandeurs, contrairement à ce qu'avait affirmé Grotthus.

En résumé, les conclusions qu'il y a lieu de tirer de ce travail sont les suivantes :

1° *Même quand une substance absorbante est le siège d'une réaction chimique*, l'énergie émergente décroît suivant des fonctions exponentielles de l'épaisseur (Lambert) et de la concentration présente à chaque instant (Beer).

2° La loi élémentaire (2) et la formule (3), qui s'en déduit au début de la réaction, donnent la masse formée, au cours de cette réaction photochimique, en fonction de différents facteurs (énergie incidente, coefficient d'absorption, temps, concentration, surface, épaisseur).

3° Dans le cas d'une réaction *bimoléculaire*, la loi de l'absorption photochimique de Grotthus est en contradiction très nette avec l'expérience : il n'y a *nullement proportionnalité* entre la masse formée et l'énergie absorbée,

et l'on ne peut pas parler d'équivalence entre l'énergie rayonnante et l'énergie chimique (¹). Il est vraisemblable que le rayonnement se borne à mettre les molécules (²) qu'il frappe dans un état particulier, à partir duquel elles sont capables de réagir chimiquement; et la réaction se poursuit alors suivant le hasard des rencontres moléculaires.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action des basses températures sur les explosifs.* Note de MM. **André Kling** et **D. Florentin**, présentée par M. Vieille.

Le maniement et l'ouverture des engins explosifs constituant des opérations fréquemment pratiquées par notre laboratoire (Laboratoire municipal de Paris), nous nous sommes proposé d'entreprendre une étude systématique des moyens propres à diminuer les dangers que comportent ces opérations; nous avons immédiatement pensé que, parmi ceux-ci, le refroidissement à très basse température devrait être l'un des plus efficaces.

Nous rappellerons, en effet, qu'un explosif est constitué par une combinaison ou par un mélange de substances susceptibles, sous l'influence de certaines causes perturbatrices, de passer en un *temps très court* d'un état initial instable à un état final plus stable, avec production de gaz ou de vapeurs portés à haute température.

Or, puisque les vitesses des réactions diminuent avec la température jusqu'à s'annuler, en général, à des températures suffisamment basses, même pour les réactions qui s'exercent entre éléments doués d'une grande affinité réciproque aux températures ordinaires, il nous a paru, *a priori*, que le refroidissement devrait être susceptible d'augmenter la stabilité des explosifs et de diminuer également la puissance de leurs effets.

Afin de vérifier l'exactitude de cette hypothèse, nous avons mesuré successivement la sensibilité, la force et la vitesse de détonation des divers explosifs, d'abord à la température ordinaire, puis aux environs de — 190° (azote liquide).

Dans toutes nos expériences, nous avons employé des détonateurs au fulminate pur, amorcés électriquement à l'aide d'une petite tête d'amorce

(¹) Le *coefficient d'utilisation* (rapport de l'énergie chimique emmagasinée à l'énergie rayonnante absorbée) est proportionnel à la concentration.

(²) Ou les ions.

à fil de platine fin noyé dans une petite masse de fulminate pur (non comprimé).

Méthodes de mesures et résultats obtenus. — 1° *Action du refroidissement sur la sensibilité aux amorces.* — Les divers explosifs, sous des densités connues, étaient placés dans des tubes de verre de même longueur et disposés sur des plaques de plomb de façon à enregistrer la longueur ayant détoné.

Nom de l'explosif.	Densité moyenne.	Poids de fulminate nécessaire pour produire à coup sûr la détonation — à la température ambiante.	à — 190°.
Fulminate	1,20	< 0g,25	1g
Dynamite-gomme	»	< 0g,25	1g
Coton-poudre ($C.P_1$)	0,40	0g,25	Ne détone pas avec 2g
Acide picrique	0,90	0g,25	Id.
Cheddite	1,00	0g,25	Id.

Ces résultats ont été obtenus en refroidissant simultanément l'explosif et le détonateur. Nous avons, en outre, cherché quel était l'action du refroidissement sur le détonateur seul, la cartouche étant à la température ambiante; avec la dynamite-gomme, on n'obtient pas de résultats concluants, mais, avec l'acide picrique, un détonateur refroidi de 0g,75 ne provoque pas encore la détonation, alors qu'un détonateur de 0g,25 chaud amène une détonation complète.

2° *Action du refroidissement sur la force des explosifs.* — La mesure de la force de l'explosif a été effectuée à l'aide de plombs de Trauzl; nous avons opéré sur 10g d'explosif (sauf dans le cas du coton-poudre) amorcé à l'aide d'un détonateur de 1g,5.

Nom de l'explosif.	Augmentation du volume de la cavité — à la température ambiante.	à la température de l'azote liquide. — Détonateur refroidi.		à la température de l'azote liquide. — Détonateur non refroidi.	
	cm³				
Cheddite n° 2 (Vonges).	210	0	Ratés de détonation.	Raté de détonation.	
Acide picrique	360	0		160	Ratés partiels de détonation.
Coton-poudre	335	0		175	
Fulminate de mercure	140	140-145		140	

3° *Action du refroidissement sur les vitesses de détonation.* — Cette mesure a été faite à l'aide de l'élégante méthode de M. Dautriche ([1]). A cet effet, l'explosif était placé dans un tube de verre muni de deux tubulures dans lesquelles on engageait les détonateurs du circuit des vitesses, après refroidissement du tube ([2]).

([1]) *Comptes rendus*, t. **143**, p. 641, et t. **144**, p. 1030.

([2]) Le détonateur d'excitation n'était pas refroidi.

Nom de l'explosif.	Densité moyenne.	Vitesse moyenne en mètres par seconde à la température ambiante.	à — 190° environ.
Fulminate	1,25	2250	2350
Cheddite n° 2	1,00	2365	2080
Acide picrique	1,01	4470	4750

Aux erreurs d'expériences près, la vitesse à la température ambiante et la vitesse à — 190° sont semblables.

A la température de — 90° (neige carbonique et acétone), les résultats sont analogues, mais beaucoup moins accentués, car l'abaissement de température agit d'autant plus qu'on s'approche davantage du zéro absolu.

Conclusions. — De nos expériences, il résulte que :

1° La sensibilité aux amorces des explosifs les plus divers est considérablement diminuée aux basses températures et l'action du refroidissement se fait sentir à la fois sur le détonateur et sur l'explosif lui-même;

2° La force des explosifs refroidis, mesurée dans un plomb de Trauzl, ne paraît pas sensiblement diminuée du fait du refroidissement, à condition que l'amorçage soit assez puissant pour déterminer la déflagration totale de l'explosif (Tableau II, cas du fulminate de mercure);

3° Quand le régime de détonation est atteint, la propagation de l'onde explosive n'est pas influencée du fait du refroidissement.

Nous ajouterons que deux hypothèses peuvent être faites pour expliquer cette diminution de sensibilité des explosifs sous l'influence du refroidissement : ou bien celui-ci détermine une modification physique de l'explosif, d'où résulte un accroissement de son inertie vis-à-vis de l'onde produite par le détonateur ; ou bien la quantité de chaleur apportée par ce dernier, nécessaire pour élever les premières tranches de l'explosif de la température ordinaire à celle pour laquelle s'établit le régime de détonation, devient insuffisante quand, l'explosif étant fortement refroidi, l'écart entre la température initiale et la température minima de déflagration s'est accrue dans de notables proportions.

Des expériences actuellement en cours nous permettront vraisemblablement de nous prononcer en faveur de l'une ou de l'autre de ces hypothèses,

PHOTOCHIMIE. — *Étude de l'absorption des rayons ultraviolets par l'acétylène.* Note de MM. **Victor Henri** et **Marc Landau**, présentée par M. Dastre.

L'étude de l'absorption des rayons ultraviolets par les gaz présente un grand intérêt pour l'analyse des réactions photochimiques, pour l'étude des relations avec les spectres d'émission des gaz, et pour la comparaison de l'absorption par les mêmes corps en solution et à l'état gazeux. Nous avons entrepris l'étude de l'absorption par les gaz CH^4, C^2H^6, C^2H^4, C^2H^2, CO et CO^2. Pour les carbures d'hydrogène, on n'a étudié jusqu'ici que l'absorption dans l'infra-rouge (Tyndall, Ångström, Coblentz, Baccei, v. Bahr).

Étant donné que les spectres d'émission des gaz sont constitués par des séries de bandes dont les lois de distribution ont été établies par Deslandres, il est indispensable d'étudier l'absorption par les gaz avec une source lumineuse qui donne un spectre continu. Konen, Grebe, Mies et d'autres élèves de Kayser ont montré que l'étincelle condensée d'aluminium produite dans l'eau donne un spectre continu dans l'ultraviolet; mais une telle étincelle est très petite et très peu lumineuse, de sorte que les durées de pose doivent être de 1 demi-heure à 1 heure.

Nous avons trouvé que si, au lieu de prendre une étincelle condensée, on prend une étincelle de haute fréquence entre deux électrodes d'aluminium plongées dans l'eau, on obtient une source très lumineuse qui donne un spectre continu uniforme dans tout l'ultraviolet jusqu'à 2150, la durée de pose étant seulement de 30 secondes à 2-3 minutes.

Nous présentons maintenant les résultats seulement pour l'acétylène pur, étudié : 1° gazeuse à la température ordinaire, à des pressions de 1 à $\frac{1}{10}$ d'atmosphère et sous une épaisseur de 40^{cm}; 2° en solution alcoolique.

Résultats. — Le spectre d'absorption ultraviolet de l'acétylène gazeux est un spectre cannelé qui possède un grand nombre de bandes, depuis 3157 jusqu'à 2236,4. Ces bandes sont plus ou moins nettes suivant les régions. Beaucoup de ces bandes examinées à un fort grossissement sont résolubles en des séries de bandes très fines, distantes entre elles de moins de un Angström.

En étudiant la distribution de ces bandes, on arrive à distinguer trois groupes :

I. Le *premier groupe*, le plus net, s'étend de 3157 à 2880 environ; les bandes de ce groupe sont dégradées vers le rouge et ont un bord net du côté ultraviolet. Les têtes de bandes peuvent être bien repérées; les différences des nombres de vibrations qui correspondent aux têtes de bandes sont constantes; la valeur moyenne de $\Delta \frac{1}{\lambda}$ est égale à 23. Le Tableau I donne la liste de ces têtes de bandes.

TABLEAU I.

λ.	$\frac{1}{\lambda}$.	$\Delta \frac{1}{\lambda}$.	λ.	$\frac{1}{\lambda}$.	$\Delta \frac{1}{\lambda}$.	λ.	$\frac{1}{\lambda}$.	$\Delta \frac{1}{\lambda}$.
					22			23
3157	3168		3041,8	3287		2937,5	3405	
					23			23
3129,5	3196		3020,7	3310		2917,1	3428	
		24			26			23
3105,7	3220		2998	3336		2898,0	3451	
		23			23			24
3084,2	3243		2977,4	3359		2877,7	3475	
		22			23			
3063,5	3265		2957,47	3382				

II. Vers 2960 commencent à apparaître entre les bandes du premier groupe des bandes d'abord très faibles, à bords effacés; elles deviennent ensuite de plus en plus nettes et plus rapprochées; entre 2800 et 2500 on a un grand nombre de bandes diverses : les unes à bords effacés, les autres à bord ultraviolet net; il est très probable qu'on a dans cet ensemble plusieurs groupes de bandes enchevêtrés les uns dans les autres, de sorte que l'analyse en est difficile. Le Tableau II contient les longueurs d'onde de ces diverses bandes.

TABLEAU II.

2960,0	2881,4	2816,0	2763,0	2717,0	2678,0	2630,4	2572,0
2939,0	2879,7	2812,0	2756,3	2713,0	2668,8	2623,5	2558,0
2920,0	2865,5	2808,3	2753,0	2710,2	2662,8	2618,0	2552,2
2904,2	2850,0	2801,0	2750,0	2705,3	2659,4	2612,0	2538,0
2900,2	2846,7	2796,0	2744,3	2698,3	2653,0	2606,3	2522,0
2896,5	2843,0	2788,0	2733,0	2691,8	2645,8	2601,0	2510,0
2888,8	2830,6	2776,4	2725,0	2684,6	2642,0	2589,4	2501,0
2883,3	2823,4	2770,6	2721,0	2682,6	2635,7	2580,7	2495,4

Entre 2500 et 2327,5 l'acétylène gazeux sous l'épaisseur de 40^{cm} n'absorbe pas sensiblement.

III. Vers 2327,5 commence un *troisième groupe* de bandes qui s'étend jusqu'à 2236,4; ce sont des bandes à bord ultraviolet très net, résolubles en séries de bandes extrêmement fines; les différences de fréquence correspondant aux têtes de ces bandes croissent d'une façon régulière, ainsi que l'indique le Tableau III.

Tableau III.

λ.	$\frac{1}{\lambda}$.	$\Delta\frac{1}{\lambda}$.	λ.	$\frac{1}{\lambda}$.	$\Delta\frac{1}{\lambda}$.	λ.	$\frac{1}{\lambda}$.	$\Delta\frac{1}{\lambda}$.
2327,5	4297,0		2308,0	4333	19	2256,0	4433	41
2324,5	4303,0	6	2296,0	4355	22	2236,4	4472	39
2318,2	4314,0	11	2276,8	4392	37			

IV. *Solutions de* C^2H^2. — L'étude de l'absorption par des solutions alcooliques d'acétylène montre que ces solutions présentent une seule bande d'absorption très large, commençant environ à 2850 et ayant un maximum vers 2631. Voici, en effet, les valeurs des coefficients d'absorption moléculaires ε calculés d'après la formule $J = J_0 . 10^{-\varepsilon c d}$:

λ...	2813	2782	2775	2752	2720	2703	2693	2684	2631	2620
ε...	0,99	1,89	2,52	3,51	4,86	6,3	7,29	8,73	12,15 max.	$<$12,15

Il est intéressant de noter que l'absorption de l'ultraviolet par l'acétylène et, comme nous le verrons prochainement aussi, par d'autres carbures d'hydrogène, commence à peu près dans la région qui termine l'ultraviolet du spectre solaire (3000 Å). Ce fait pourrait servir de base à l'hypothèse sur la présence de carbures d'hydrogène dans l'atmosphère du Soleil.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les points critiques du fer.*

Note (1) de M. **Witold Broniewski**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

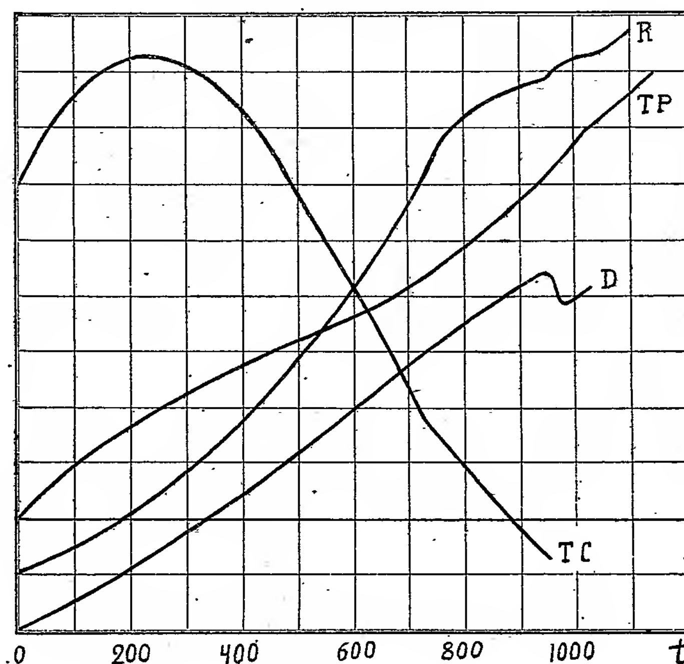
Des travaux nombreux ont été effectués sur les points critiques du fer, mais presque toujours sur des échantillons industriels insuffisamment purs et distincts pour chaque étude, ce qui rendait les résultats peu comparables.

J'ai donc cru utile de reprendre l'étude de quelques propriétés physiques du fer pur par l'enregistrement automatique plus sensible que l'étude par points.

(1) Présentée dans la séance du 17 février 1913.

Le fer électrolytique dont je me suis servi a été mis gracieusement à ma disposition par M. A. Boucher, que je suis heureux de remercier ici. Des échantillons de 5^{mm} de diamètre et d'une longueur allant jusqu'à $0^{m},80$, taillés dans les plaques, ont été recuits pendant une dizaine d'heures au-dessus de 1000°. L'échauffement pendant les expériences se faisait par un four à résistance électrique en 1 heure environ dans l'hydrogène dont l'absorption par le fer est négligeable dans ces conditions (Charpy et Bonnerot, 1913). La température était indiquée par un couple platine-platine rhodié placé à l'intérieur de l'échantillon. L'étude a été faite à l'aide d'un enregistreur photographique de MM. Le Chatelier et Broniewski [1].

La figure suivante indique les courbes d'échauffement obtenues pour la



force thermo-électrique par rapport au cuivre (TC) et par rapport au platine (TP), la courbe de la résistance électrique (R) et la courbe de dilatation (D) du fer.

Thermo-électricité. — La courbe de la force thermo-électrique du fer par rapport au cuivre (0,5 millivolt par division) nous montre un point critique à 730°. La courbe de la force thermo-électrique par rapport au platine permet d'atteindre des températures plus hautes, mais à une échelle plus réduite (2 millivolts par division);

(1) H. Le Chatelier et W. Broniewski, *Revue de Métallurgie*, t. IX, 1912, p. 133.

elle montre un point critique à 1020°. M. Harrison (1902) et M. Belloc (1903) n'ont pas trouvé de discontinuité dans la courbe de la force thermo-électrique du fer, mais indiquent qu'un maximum de la courbe du pouvoir thermo-électrique pourrait correspondre à un point critique aux environs de 800°.

Résistance électrique. — La courbe de la résistance électrique du fer (une division correspond à la résistance électrique à 0°) manifeste entre 750° et 850° un changement de direction parfaitement continu qu'il serait difficile d'assimiler à un point critique. Une discontinuité dans l'allure de la courbe se montre à 950° et à 1020° avec un changement de direction entre ces deux températures. La continuité du premier changement de direction avait déjà été remarquée par M. Morris (1897) et M. Harrison (1902); la discontinuité à 950° et à 1020° n'avait pas encore été signalée.

Dilatation. — La courbe de dilatation (une division correspond à 0,002 de la longueur de l'échantillon à 0°) présente aux environs de 950° un maximum suivi d'une contraction. L'ampleur de cette contraction paraît dépendre assez sensiblement des conditions d'échauffement, comme l'avait déjà fait remarquer M. H. Le Chatelier (1899). MM. Charpy et Grenet placent la contraction du fer à 0,03 pour 100 de carbone entre 860° et 890°.

Points thermiques. — La courbe de refroidissement accuse un arrêt à 890° et un changement de direction très faible aux environs de 700°. Si nous considérons que le point critique placé à 950° sur la courbe d'échauffement de la résistance électrique du fer se déplace sur la courbe de refroidissement à 890°, nous pouvons par analogie supposer que l'absorption de la chaleur se fait pendant l'échauffement aux environs de 950°.

Ces résultats peuvent être expliqués en partie par l'hypothèse émise récemment par M. Benedicks (1912), que le fer β d'Osmond est constitué par une solution solide du fer γ dans le fer α. Le changement continu de direction de la courbe de la résistance électrique correspond alors au maximum de la solution solide.

Cette forme prendrait, en effet, un diagramme de la résistance spécifique en fonction de la composition de deux constituants formant entre eux une solution solide continue, si l'un des constituants était pris à une température suffisamment supérieure à celle de l'autre constituant et les alliages à des températures intermédiaires.

L'hypothèse de M. Benedicks n'est plus suffisante pour expliquer le point critique à 1020° et nous devons admettre l'existence d'une nouvelle solution solide pour interpréter le changement de direction de la courbe de la résistance électrique entre 950° et 1020°.

Le fer α serait ainsi stable au-dessous de 730° où commence sa dissociation (point critique sur la courbe de la force thermo-électrique, commencement de la transformation magnétique). Un fer β' serait stable à 950°

(points critiques sur les courbes de la résistance électrique et de la dilatation, point thermique, fin de la transformation magnétique).

Le fer γ serait stable au-dessus de 1020° (points critiques sur les courbes de la résistance électrique et de la force thermo-électrique).

Entre 730° et 950° on aurait la solution solide continue du fer α avec le fer β'; entre 950° et 1020°, la solution solide du fer β' avec le fer γ.

Ces hypothèses rendent bien compte des résultats de nos expériences, mais ne pourraient être admises comme définitives que confirmées plus amplement, surtout par une étude analogue des aciers au carbone.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur quelques propriétés d'un fer électrolytique industriel.* Note [1] de MM. L. **Guillet** et A. **Portevin**, présentée par M. H. Le Chatelier.

La présentation d'une Note de M. Broniewski (voir ci-dessus) nous incite à communiquer de suite à l'Académie les résultats que nous possédions depuis quelque temps sur les propriétés du fer électrolytique, et dont la publication n'a été différée qu'en raison d'essais en cours, notamment au point de vue des gaz occlus.

L'un de nous s'occupe d'ailleurs depuis quelque temps de la fabrication industrielle du fer sur lequel ces essais ont été faits.

L'échantillon utilisé a pour composition [2]:

C = indosable; Mn = 0; Si = 0; S = 0; P = 0,025; As = 0,011.

Au sortir de l'électrolyte, le métal sursaturé d'hydrogène est extrêmement fragile. Il présente alors une dureté à la bille de 140 (bille de 10^{mm}; pression de 3000^{kg}), et l'examen micrographique montre un aspect tout à fait caractéristique (*fig.* 1).

Après un recuit de 2 heures à 900° dans la magnésie, la dureté, déterminée dans les mêmes conditions, a été de 90 et la structure micrographique est devenue normale (*fig.* 2).

Points critiques. — La détermination des points critiques faite au galvanomètre double Saladin-Le Chatelier nous a donné les résultats suivants :

---

(1) Reçue dans la séance du 24 février 1913.

(2) Il est à noter que les améliorations apportées dans la fabrication ont conduit récemment à l'obtention d'un métal à teneur en phosphore beaucoup plus faible.

	Échauffement.		Refroidissement.	
Métal brut	791°	937°	902°	778°
Métal recuit	788°	932°	902°	778°

La présence des gaz n'influerait donc pas dans le cas qui nous occupe sur la position des points de transformation. De plus, sur métal brut on remarque, à des températures d'ailleurs variables avec les échantillons,

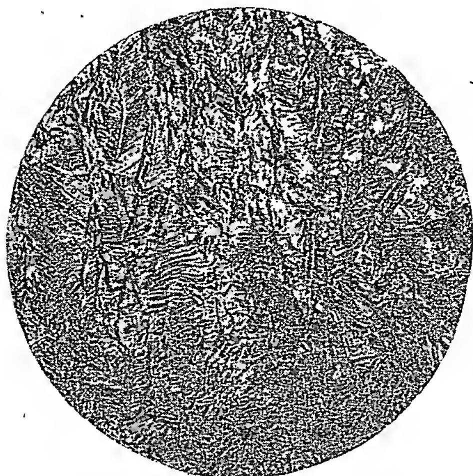


Fig. 1. — Attaque au réactif de Benedicks (× 250).

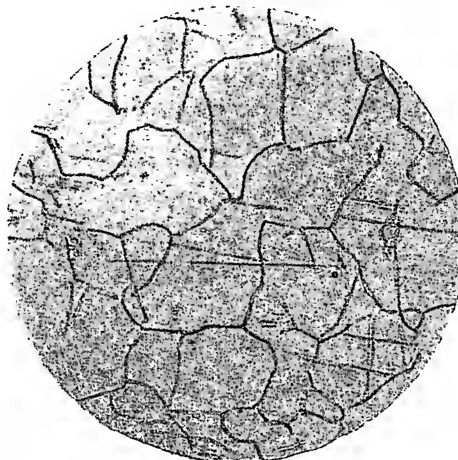


Fig. 2. — Attaque au réactif de Benedicks (× 250).

notamment à 530° et à 690°, des absorptions de chaleur à l'échauffement que l'on ne retrouve pas au refroidissement. Après un premier chauffage, ces points disparaissent et semblent donc bien dus à l'influence des gaz dissous, comme l'avait déjà signalé Roberts Austen (¹). Comme le montre l'une des courbes obtenues (*fig.* 3, échantillon recuit), le point de transformation le plus élevé (A_3) est marqué par une variation thermique rapide, alors que le point de transformation A_2 correspond, surtout au refroidissement, à une variation thermique progressive. Si l'on adopte la manière de voir de Benedicks (²), cela indiquerait une solution mutuelle au moins limitée des deux variétés allotropiques α et β du fer et probablement même une solubilité mutuelle en toutes proportions.

(¹) Roberts Austen (*Cinquième Rapport du Comité des Alliages de l'Inst. of Mech. Eng.*, 1899) signale particulièrement des points à 475° et 766° disparaissant après des chauffages répétés.

(²) Benedicks, *Huitième Congrès international de Chimie appliquée*, New-York, septembre 1912.

La moyenne des déterminations faites, au pont de Thomson, sur quatre barreaux de fer électrolytique tournés de $5^{mm},70$ de diamètre et 120^{mm} de longueur, après recuit dans les conditions déjà indiquées, a donné 10,22 microhms par centimètre cube; la présence de 0,025 pour 100 de soufre et 0,011 pour 100 d'arsenic conduit à corriger ce chiffre de $0,24\ \mu\omega : cm^3$ d'après Benedicks, ce qui le ramène à 9,98.

Or Lorenz [1] donne, comme valeur de la conductibilité spécifique,

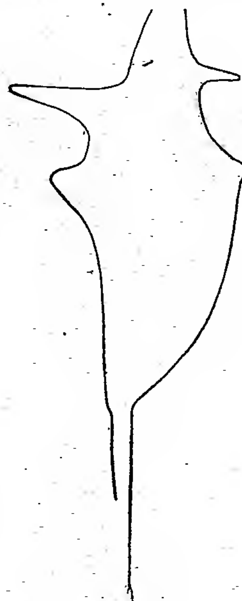


Fig. 3.

$10,37 \times 10^4$ à 0° et $6,63 \times 10^4$ à 100°, ce qui conduit par interpolation à $9,64 \times 10^4$ à 20°, soit une résistivité de $10,37\ \mu\omega : cm^3$.

Kohlrausch [2] donne $9\ \mu\omega : cm^3$ et Preece [2] $9,73\ \mu\omega : cm^3$, alors que Benedicks admet par extrapolation $7,6\ \mu\omega : cm^3$ à 16° attribuant les résultats trop élevés des deux derniers observateurs à la présence de 0,004 à 0,007 pour 100 en poids d'hydrogène.

En admettant le chiffre de Benedicks comme vrai et son interprétation comme applicable également au cas qui nous occupe, cela conduirait à supposer la présence de 0,008 pour 100 d'hydrogène en poids en solution solide dans le fer de nos échantillons.

---

(1) Landolt-Börnstein, *Tabellen*, 1905, p. 716.

(2) D'après Benedicks, *Thèse*, *Upsala*, 1904, p. 116 et 106.

Des déterminations analogues faites sur des barrettes rectangulaires non recuites de $5^{mm},1 \times 6^{mm},1$ de section (la fragilité du métal n'ayant pas permis de le travailler au tour sous un faible diamètre) et une longueur de 120^{mm} ont conduit au chiffre de $12,16$ $\mu\omega : cm^3$ à 20°. Ce chiffre, ramené à 11,92 pour tenir compte du phosphore et de l'arsenic, est supérieur de 1,94 $\mu\omega : cm^3$ au chiffre du fer recuit; en supposant encore cet écart dû à l'hydrogène en solution solide, il correspondrait à 0,006 pour 100 d'hydrogène en poids.

Nous poursuivons nos recherches pour préciser d'un côté les propriétés mécaniques et chimiques du métal brut et du métal recuit dans diverses conditions et d'un autre côté la nature des gaz contenus et la part revenant tant à ces gaz qu'à l'écrouissage dans les propriétés du métal brut.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude du système : sulfure d'antimoine, sulfure de plomb.* Note de M. **H. Pélabon**, présentée par M. E. Bouty.

Le sulfure d'antimoine et le sulfure de plomb se rencontrent assez souvent associés dans la nature; ils forment alors certains minéraux comme la zinckénite, la jamesonite, la boulangérite. Ces composés peuvent-ils prendre naissance par union directe des deux sulfures préalablement fondus? C'est la question que nous avons essayé de résoudre par l'étude de la fusibilité et par l'examen métallographique des mélanges de sulfure d'antimoine et de sulfure de plomb.

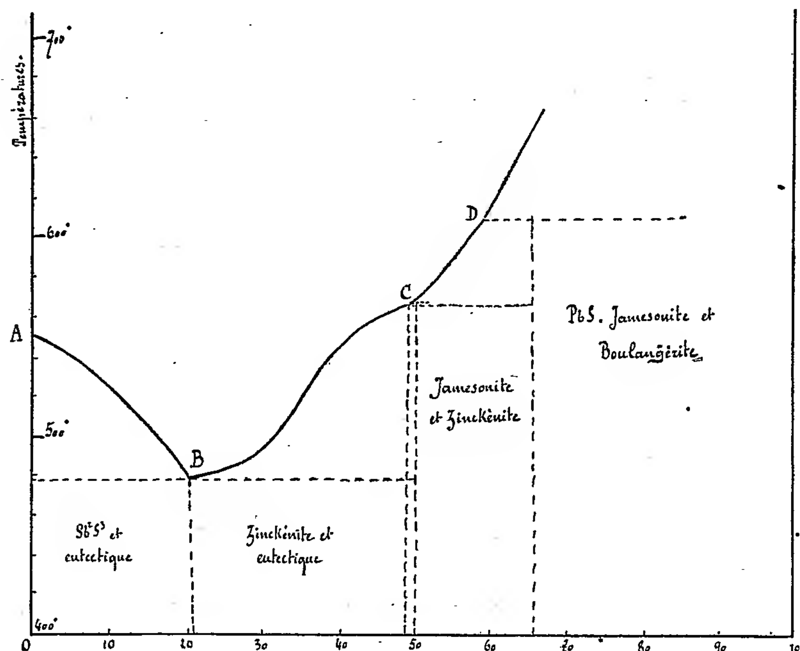
Le liquidus de ce système comprend d'abord une ligne AB qui, partant du point de fusion du sulfure d'antimoine, 550°, aboutit à un eutectique qui renferme à peu près 22^{mol} de sulfure de plomb pour 78^{mol} de sulfure d'antimoine et qui se solidifie à 482°. A l'aide du microscope de M. Le Chatelier, on peut constater que les mixtes qui correspondent à cette ligne AB laissent déposer, en se solidifiant, d'abord des cristaux volumineux de sulfure Sb^2S^3, puis le mélange eutectique.

La ligne de fusibilité comprend ensuite l'arc de courbe BC qui, au point C, est presque tangent à une parallèle à l'axe des abscisses. La température de solidification commençante du mélange correspondant est 568°.

L'examen métallographique des mixtes qui se rapportent à la ligne BC permet de constater l'existence de deux corps d'aspects nettement différents, surtout si l'on a soin d'attaquer faiblement la surface polie par l'acide azotique. D'une part on aperçoit l'eutectique B, d'autre part de volumineux

cristaux orthorhombiques qui apparaissent plus sombres et qui possèdent les mêmes angles que la zinckénite Sb^2S^3PbS. Le point C ne correspond pas exactement au mélange équimoléculaire, mais à un mixte un peu plus pauvre en sulfure de plomb. Ce point est donc un point de transition. Aux températures supérieures à 568°, la zinckénite n'existe plus.

Le liquidus se continue ensuite par l'arc de courbe CD. Les mélanges correspondants solidifiés renferment un nouveau constituant formé de très petits cristaux qui apparaissent brillants sur le fond sombre de la zinckénite



(toujours après attaque de la surface polie par l'acide azotique). Ces cristaux, que l'on ne distingue nettement qu'avec un fort grossissement, sont des prismes orthorhombiques dont la section est un losange peu différent d'un carré; on peut les identifier avec les cristaux de jamesonite $Sb^2S^3, 2PbS$ qui sont des prismes rhombiques dont l'angle mesure 101°.

Le point D est un nouveau point de transition qui correspond à peu près au mélange $2Sb^2S^3 + 3PbS$. Le point de solidification commençante de ce mixte est 610°, son point de solidification finissante 568°. Au-dessus de 610°, la jamesonite n'existe plus.

Les courbes de refroidissement des mélanges, plus riches en sulfure de plomb que le mélange $2Sb^2S^3 + 3PbS$, présentent toutes un palier très

net à 610°; un second palier moins accentué se produit à 568°, il n'est plus observable quand on atteint le mixte Sb^2S^3, $2PbS$; ce fait confirme l'existence de la jamesonite.

Enfin, les mélanges dont la teneur en sulfure de plomb est encore plus forte paraissent au microscope absolument hétérogènes. On y découvre encore des cristaux de jamesonite, des cristaux volumineux de sulfure de plomb qui sont surtout nombreux à l'extrémité du culot qui occupait le fond du tube pendant la solidification du liquide ; enfin on aperçoit de nouveaux cristaux excessivement nets, ce sont des aiguilles réunies en croix. Il se peut que ces cristaux soient formés de la boulangérite $2Sb^2S^3$, $5PbS$, mais nous ne pouvons l'affirmer.

Nous n'avons pas pu déterminer le liquidus jusqu'au point de fusion du sulfure de plomb, 1015°. Même avec des masses de mélanges supérieures à 30^g, le point de solidification commençante n'a jamais été mis nettement en évidence par la courbe de refroidissement; en revanche, le palier correspondant à 610° a toujours été très net.

En résumé, les composés de sulfure de plomb et de sulfure d'antimoine ne sont pas mis en évidence par des maxima de la température de solidification commençante parce qu'ils fondent en se décomposant, mais on peut les déceler grâce à l'existence de points de transition dans le liquidus et aussi à l'aide du microscope. La *zinckénite* Sb^2S^3PbS et la *jamesonite* Sb^2S^3, $2PbS$ sont de cette manière nettement decelées.

PHOTOCHIMIE. — *Sur un actinomètre à lévulose pour les rayons ultraviolets; influence de la concentration sur la vitesse de réaction photochimique.* Note de MM. **Daniel Berthelot** et **Henry Gaudechon**, présentée par M. E. Jungfleisch.

L'importance croissante prise en photochimie et en physiologie par les rayons ultraviolets nous a engagés à chercher un nouvel actinomètre mieux adapté à leur étude que les instruments actuels qui s'appliquent surtout au spectre visible.

Le choix d'une réaction actinométrique et l'interprétation correcte des nombres observés sont toujours délicats.

Précisons ces points en prenant comme exemple un actinomètre à solution aqueuse d'acétone. Sous l'influence de l'ultraviolet initial (ou solaire) il s'y forme, comme l'a reconnu M. Ciamician, de l'acide acétique,

qu'on peut titrer par les réactifs colorés ou les conductibilités électriques. D'autre part, nous avons constaté que l'acide acétique n'est pas attaqué par l'ultraviolet initial, mais l'est d'une manière croissante par l'ultraviolet de plus courte longueur d'onde. Si donc on expose un tel actinomètre à des vibrations monochromatiques de plus en plus rapides, l'acidité croîtra, passera par un maximum, puis décroîtra. Il en serait de même si l'on faisait agir successivement le rayonnement global de sources de températures croissantes et, par suite, de plus en plus riches en ultraviolet.

Mais on peut constituer, avec la solution aqueuse d'acétone, un actinomètre d'un autre genre. Nous avons découvert en effet que, parmi les corps organiques, l'acétone pur ou dissous est un de ceux qui donnent le dégagement gazeux le plus abondant (volumes égaux de CO et C^2H^6). Ce dégagement commence dans l'ultraviolet moyen et s'accélère quand la longueur d'onde décroît.

Selon qu'on prendra, comme mesure de « l'activité photochimique » d'une source lumineuse, la dose d'acide formé, ou la dose de gaz dégagé dans l'actinomètre à acétone, on aboutira à des conclusions opposées : dans le premier cas on dira que, la température d'une source croissant, son activité chimique passe par un maximum ; dans le second cas, on conclura que cette activité augmente régulièrement avec la température.

Le plus souvent, quand la longueur d'onde diminue, à la réaction primitive simple s'ajoutent des réactions secondaires de plus en plus complexes. Ainsi la solution aqueuse de glucose, entre $0^{\mu},30$ et $0^{\mu},25$, donne deux gaz seulement en rapports simples (2^{vol} CO et 1^{vol} H^2) ; au-dessous de $0^{\mu},25$ apparaissent des doses croissantes de gaz accessoires CO^2 et CH^4, et la proportion de H^2 augmente au point qu'on finit par avoir 6^{vol} H^2 pour 1^{vol} CO. La composition du volume gazeux a donc entièrement changé.

Nous avons cherché pour notre actinomètre à réunir les conditions suivantes : réaction facile à mesurer, peu sensible à la lumière visible et à l'ultraviolet initial, très sensible à l'ultraviolet moyen ou extrême, restant semblable à elle-même et ne se compliquant qu'à un faible degré de réactions secondaires quand la longueur d'onde diminue.

Le dégagement gazeux d'oxyde de carbone fourni par les solutions aqueuses de *cétoses* remplit toutes ces conditions. La *dioxyacétone* est le plus sensible de tous ces corps ; mais en raison de sa rareté nous lui avons préféré le *lévulose* qui est facile à avoir pur en grande quantité.

Parallèlement à une lampe cylindrique verticale en quartz à vapeur de mercure de 60^{mm} de haut et 13^{mm} de diamètre (lampe Heraeus, type 110 volts, en régime modéré,

3,4 ampères et 52 volts aux bornes), on a mis à des distances *d* variées, mesurées entre parois en regard, un tube cylindrique de quartz de 155^{mm} de haut et 16^{mm} de diamètre, contenant environ 25$^{cm^3}$ d'une solution aqueuse à 10 pour 100 de lévulose. Dans ces conditions, on opère sur une grande quantité de liquide, et la concentration, pendant la durée d'un essai, ne varie pas sensiblement. Le tube de quartz est relié à un tube à dégagement étroit qui amène le gaz dans une cloche graduée. Dans chaque expérience, on attend 20 minutes environ que l'équilibre de température et l'uniformité de régime du dégagement gazeux soient établis, puis on mesure les volumes gazeux dégagés en 5, 10, 15, 20, 30 et 45 minutes.

	Nombre de centimètres cubes dégagés au bout de						Vitesse en centimètres cubes à l'heure.
d.	5^m.	10^m.	15^m.	20^m.	30^m.	45^m.	
mm 14.....	0,26	0,52	0,78	1,04	»	»	3,12
19.....	0,18	0,35	»	0,70	1,06	»	2,10
23.....	»	0,28	»	0,55	0,83	»	1,66
31.....	»	0,18	0,27	»	0,54	»	1,08
40.....	»	0,12	0,18	»	0,36	»	0,72
61.....	»	»	0,10	»	0,20	0,30	0,60

Les nombres précédents montrent que le dégagement gazeux se fait bien dans chaque cas avec une vitesse constante. Il diminue suivant une puissance de la distance voisine de $\frac{3}{2}$, c'est-à-dire intermédiaire entre la première puissance (cas d'un rectangle de hauteur infinie) et le carré de la distance (cas d'une source lumineuse ponctuelle).

Nous avons recherché enfin comment variait la vitesse du dégagement gazeux avec la concentration. Dix solutions aqueuses de lévulose de concentrations *c* croissantes, depuis $\frac{1}{40}$ de molécule (4^g,5) par litre de solution, jusqu'à 6 molécules (1080^g) par litre, ont été mises dans dix petits tubes identiques en quartz mince placés à la même distance (20^{mm}) d'une grosse lampe en quartz (type 220 volts en régime peu poussé, 3,4 ampères et 50 volts aux bornes). On a mesuré le nombre *n* de centimètres cubes dégagés en 1 heure :

c.	$\frac{M}{40}$.	$\frac{M}{30}$.	$\frac{M}{20}$.	$\frac{M}{10}$.	$\frac{M}{5}$.	$\frac{M}{2}$.	M.	4M.	5M.	6M.
n...	0,04	0,055	0,08	0,16	0,26	0,54	0,75	1,17	1,16	1,18

Pour les faibles concentrations (de 4^g,5 à 18^g par litre), la vitesse du dégagement gazeux est proportionnelle à la concentration ; pour les fortes concentrations (720^g à 1080^g par litre), la vitesse est constante.

Il semble que la réaction soit *d'ordre un* (unimoléculaire) pour les solutions diluées, et *d'ordre zéro* pour les solutions concentrées. Pour les

solutions moyennes, l'ordre est intermédiaire entre o et 1 (on sait que ce dernier résultat est celui qu'on obtient dans la majorité des réactions photochimiques).

La conclusion à tirer de là est que l'ordre de la réaction est une notion illusoire pour de tels phénomènes. Les hypothèses cinétiques (fréquence du nombre de chocs des molécules), par lesquelles on justifie la loi de masse, ne sont pas applicables aux réactions photochimiques produites par un flux d'énergie extérieure.

Au contraire, les faits s'expliquent simplement si l'on admet que la vitesse de réaction est proportionnelle à la quantité de lumière absorbée par unité de temps. Dans les solutions diluées, l'absorption est faible et proportionnelle à la concentration; dans les solutions concentrées, l'absorption est totale et n'augmente plus avec la concentration.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'oxyde d'éthyle α-β-dichloré sur les dérivés magnésiens mixtes.* Note de MM. **Lespieau** et **Bresch**, présentée par M. Haller.

En faisant réagir l'éther chlorométhylique sur les dérivés magnésiens, on a pu obtenir des composés saturés (Hamonet), éthyléniques ou acétyléniques (Lespieau), auxquels on serait arrivé difficilement s'il avait fallu employer l'aldéhyde formique au lieu de l'éther chloré en question.

Il y a là une simplification qui nous a paru pouvoir être généralisée : l'aptitude réactionnelle du chlore de l'éther chlorométhylique tient évidemment à ce qu'il fait partie d'un groupement — CClOR —; or les corps présentant le même groupement s'obtiennent sans trop de difficultés quand on attaque les éthers-oxydes par le chlore. Toutefois, sauf le cas où l'on aurait en vue spécialement la production de certains éthers-oxydes, la substitution d'un éther chloré à une aldéhyde n'a d'intérêt que si, comme c'est le cas dans la série en C^1, l'éther chloré est plus accessible que l'aldéhyde.

En voici un autre exemple : l'aldéhyde monochlorée est assez pénible à obtenir, tandis que l'éther



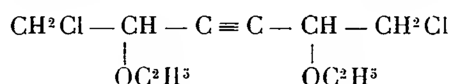
$$CH^2Cl - CHCl - O - C^2H^5$$

est facile à préparer (si le composé bouillant vers 140° qui se forme lorsqu'on attaque l'éther ordinaire par le chlore, répond bien à la formule précédente indiquée par Abeljanz). A vrai dire ce composé paraît tout

aussi pénible à purifier complètement que l'éther chlorométhylique et, tandis que Lieben indique qu'il bout de 140° à 145°, il nous a paru passer surtout vers 136°, mais cela n'est point un obstacle à son emploi.

Cet éther dichloré attaque facilement les magnésiens, par exemple ceux qui dérivent du bromure d'éthyle, du bromure d'allyle et de l'acétylène. La réaction paraît donner naissance chaque fois à plus d'un produit, et peut-être cela tient-il à l'impureté du corps servant de point de départ; néanmoins il y a toujours un de ces produits qui domine de beaucoup.

Dans le cas du dérivé magnésien de l'acétylène, le composé dominant répond à la formule $C^{10}H^{16}O^2Cl^2$ (Analyse : C 49,69; H 6,82; Cl 30,20; cryoscopie acétique 255); et, si l'éther dichloré a bien ses atomes de chlore disposés comme on l'admet, cette formule doit être développée ainsi :



C'est un liquide incolore, bouillant à 136°-137° sous 12^{mm}.

Il ne semble pas, malgré la fixité de ce point d'ébullition, qu'on ait là un composé unique, et voici pourquoi : M. G. Dupont (*Comptes rendus*, t. 149, p. 1381), ayant fait agir l'aldéhyde ordinaire sur le dérivé magnésien de l'acétylène, a obtenu un liquide bouillant bien et répondant à la formule



Cependant, ce liquide est un mélange de stéréoisomères; M. Dupont, en passant par les dibromures, a réussi, en effet, à retirer de son produit brut deux glycols cristallisés isomériques, tous deux inactifs, mais dont l'un est certainement inactif par compensation.

Or, en fixant deux atomes de brome sur le composé que nous avons obtenu, nous avons également obtenu deux bromures; l'opération avait été faite au sein du chloroforme et s'était effectuée sans grand dégagement de chaleur; en évaporant le solvant, nous avons reconnu qu'il se déposait deux espèces de cristaux de solubilité très différentes, répondant tous deux à la formule $C^{10}H^{16}O^2Cl^2Br^2$.

Le dibromure le moins soluble fond à 107°-108°. On le purifie en le dissolvant à l'ébullition dans l'alcool à 96° et laissant déposer par refroidissement. (Analyse : Cl + Br 57,70; C 29,60; H 4,17; cryoscopie acétique 353; la mesure cryoscopique s'est trouvée quelque peu incertaine, l'abaissement observé n'étant que de 0°,056, vu la faible solubilité du corps dans l'acide acétique.)

Le dibromure le plus soluble fond à 71°-72°; on le purifie comme le précédent, en ajoutant toutefois à la solution alcoolique tiède assez d'eau pour provoquer l'apparition d'un louche. (Analyse : Cl + Br 57,67; C 29,89; H 4,06; cryoscopie acétique 399.)

On pourrait, il est vrai, supposer que l'isomérie de ces deux bromures, qui sont éthyléniques, est due, non à la présence des deux atomes de carbone asymétriques, mais bien à une structure respectivement *cis* ou *trans*; le cas étudié par M. Dupont rend cette hypothèse peu probable; nous essayerons, cependant, de voir ce qu'il en est en continuant ces recherches.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'iodure de magnésium méthyle.* Note de M. **Pierre Jolibois**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans une précédente Note j'ai décrit quelques propriétés nouvelles de l'iodure de magnésium éthyle ([1]). J'ai repris avec la même technique des expériences analogues sur l'iodure de magnésium méthyle.

Préparation de l'iodure de magnésium méthyle. — Dans la préparation du dérivé éthylé, j'ai montré (*loc. cit.*) qu'il se produit une réaction parasite qui pouvait, dans certaines conditions, devenir la réaction dominante. Dans le cas de l'iodure de méthyle agissant sur le magnésium en présence d'éther, on ne constate, au contraire, quel que soit le mode opératoire, qu'un dégagement gazeux insignifiant : $6^{cm^3},1$ pour 244^{mg} de magnésium mis en jeu. Ce gaz est composé de $\frac{1}{3}$ de son volume de C^2H^4.

Action de la chaleur. — Lorsque l'on soumet à l'action de la chaleur le composé ainsi préparé dans le vide, dans un appareil relié à une trompe à mercure permettant de recueillir le gaz, on constate, jusqu'à 130° environ, un dégagement de vapeur d'éther qui cesse seulement au bout de 40 heures de chauffage à 120°. Cette réaction est d'ailleurs réversible, car le produit refroidi absorbe de nouveau la vapeur d'éther. C'est la dissociation du produit déjà signalé et analysé par M. Blaise, $MgICH^3(C^2H^5)^2O$ ([2]).

Si l'on élève la température vers 240°, on obtient un dégagement gazeux dont j'ai mesuré le volume correspondant à un poids donné de magnésium :

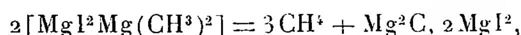
([1]) P. Jolibois, *Comptes rendus*, t. 155, p. 213 et 253.
([2]) Blaise, *Comptes rendus*, t. 132, p. 839.

Poids de Mg	122^{mg}	480^{mg}	244^{mg}
Volume gazeux à 0° et 76^{cm}	83^{cm^3}	329^{cm^3}	161^{cm^3}

Ce gaz a été analysé par la méthode récente publiée par MM. Lebeau et Damiens (1) au moyen du fractionnement dans l'air liquide.

$58^{cm^3},25$ de gaz sont composés de 57,5 de méthane et 0,6 de carbures supérieurs.

La formule de décomposition du produit peut donc être écrite de la façon suivante :



$$2[MgI^2Mg(CH^3)^2] = 3CH^4 + Mg^2C, 2MgI^2,$$

le dernier terme représentant une formule globale.

J'ai poussé jusqu'à 600° l'action de la chaleur sans obtenir aucun dégagement gazeux nouveau.

Le verre d'Iéna dans lequel était soufflé le ballon était attaqué par le magnésium et un résidu charbonneux s'était substitué au composé de Grignard. A aucun moment de l'expérience il n'y a eu de dégagement d'iode. Ce corps n'apparut que dans le cas de rentrées accidentelles d'oxygène.

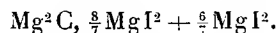
Étude du produit de la décomposition à 250°. — Lorsqu'on ne dépasse pas 300°, l'iodure de magnésium méthyle s'est transformé, après le dégagement de méthane, en une masse volumineuse jaune citron, correspondant à la formule globale $Mg^2C, 2MgI^2$.

Afin de voir si ce corps était un composé défini, j'ai étudié l'action de l'éther anhydre sur le produit ainsi obtenu. Après plusieurs épuisements par décantations dans un appareil en verre soudé rempli de vapeur d'éther, j'ai dosé l'iode resté dans la poudre jaune et l'iode passé en solution dans l'éther anhydre. J'ai obtenu les résultats suivants :

	Magnésium introduit.	Iodure d'argent représentant l'iode extrait par l'éther anhydre.	Iodure d'argent représentant l'iode resté fixé sur le produit.
1re expérience	480^{mg}	$1^g,91$	»
2e expérience	480^{mg}	$1^g,98$	2,76

D'après ces analyses, on doit séparer l'iode total en deux fractions ayant des propriétés différentes.

Le résultat brut de ces expériences conduirait à écrire la formule du résidu



$$Mg^2C, \tfrac{8}{7}MgI^2 + \tfrac{6}{7}MgI^2.$$

(1) LEBEAU et DAMIENS, *Comptes rendus*, t. 156, p. 144, 325, 557.

(2) GRIGNARD, *Ann. Ch. Phys.*, 7e série, t. XXIV, p. 433.

Étant donné la difficulté des opérations de l'analyse immédiate du produit, étant donnée son altérabilité, il serait peut-être plus simple d'admettre qu'à la limite on obtiendrait le composé défini $Mg^2C\,MgI^2$.

Action de l'eau. — Ce corps, d'après sa formule, semble contenir une fonction carbure métallique analogue à celle du carbure d'aluminium. Pour le vérifier, j'ai étudié l'action de l'eau sur le produit. Si l'on fait tomber sur la masse jaune provenant de la décomposition de l'iodure de magnésium méthyle de l'eau goutte à goutte, il se produit une réaction des plus violentes avec dégagement de chaleur et de lumière. Le produit résiduel contient du charbon, et les gaz recueillis contiennent des proportions variables, suivant l'expérience, de carbures acétyléniques, éthyléniques et forméniques.

Devant ce résultat, j'ai essayé l'action ménagée de l'eau en faisant agir de l'éther aqueux introduit à — 80° et qu'on laissait lentement réchauffer en présence du produit.

Dans ces conditions, l'attaque se produit régulièrement, et il se dégage un gaz dont j'ai fait l'analyse par la méthode de MM. Lebeau et Damiens.

480^{mg} de magnésium, mis en jeu dans l'expérience, donnent (par l'action de l'eau sur le corps MgI^2, Mg^2C), 110^{cm^3} de gaz contenant 3 pour 100 d'éthylène.

Le reste est composé de la façon suivante : $21^{cm^3},7$ contiennent $21^{cm^3},6$ de méthane et $0^{cm^3},2$ de carbures supérieurs.

L'action de l'eau, opérée avec ménagement, donne du méthane à 96 pour 100. Le corps étudié est donc un iodocarbure de magnésium.

En résumé, j'ai étudié l'action de la chaleur sur l'iodure de magnésium méthyle et j'ai montré qu'on obtient par pyrogénation et extraction à l'éther anhydre un corps jaune répondant sensiblement à la formule MgI^2, Mg^2C, attaquable par l'eau avec dégagement de méthane presque pur.

CHIMIE ORGANIQUE. — *L'« halochromie » chez les dérivés de la phénylisoxazolone et chez les indogénides.* Note de M. **André Meyer**, présentée par M. E. Jungfleisch.

Certains composés organiques, incolores ou peu colorés, possèdent la faculté de donner avec les acides des sels colorés, sans que cette coloration puisse être expliquée par la création d'un complexe chromophore ou qui-

nonique. MM. Bæyer et Villiger, qui, à l'occasion de leurs recherches sur les propriétés basiques de l'oxygène, se sont occupés de ce phénomène, l'ont désigné sous le nom d'*halochromie* (*D. ch. G.*, t. XXXIV, p. 2679; t. XXXV, p. 1189, 3020). Les dérivés du triphénylméthane et de la dibenzalacétone ont surtout fait l'objet de travaux à ce point de vue.

Les produits de condensation de la phénylisoxazolone avec les aldéhydes, ou *isoxazol-indogénides* (Wahl et Meyer, *Comptes rendus*, t. 146, p. 638. — Meyer, *Comptes rendus*, t. 155, p. 843) sont *halochromes*, car ils se dissolvent dans l'acide sulfurique concentré avec des colorations variées, plus intenses que celles des colorants eux-mêmes : j'ai mentionné déjà l'influence de la nature et de la position des *auxochromes* introduits dans la molécule sur la couleur de ces solutions. Les quelques exemples suivants rendent manifeste cette influence :

Composé.	Couleur.	Solution sulfurique.
2-oxy-1-benzalphénylisoxazolone.........	Jaune d'or	Rouge foncé
2-méthoxybenzalphénylisoxazolone.......	Jaune foncé	Rouge orangé foncé
2-acétoxybenzalphénylisoxazolone.......	Jaune clair	Rouge orangé
2-oxy-3-méthoxybenzalphénylisoxazolone.	Jaune paille	Rouge grenat foncé
4-oxybenzalphénylisoxazolone...........	Jaune foncé	Jaune foncé.
4-méthoxybenzalphénylisoxazolone.......	Jaune	Jaune
4-oxy-3-méthoxybenzalphénylisoxazolone.	Jaune orangé	Orangé rouge.

Les dérivés dont l'*auxochrome* est situé en *ortho* par rapport au chromophore CH = C..., donnent des solutions sulfuriques dont la coloration est beaucoup plus foncée que celles des isomères *para* correspondants.

En ce qui concerne les colorations produites avec SO^4H^2, des observations du même ordre peuvent être faites pour différents groupes d'indogénides : en particulier, les *pyrazolindogénides* (Tambor, *D. ch. G.*, t. XXXIII, p. 864), les *carbindogénides* (Kostanecki et ses élèves, *Ibid.*, t. XXX, p. 1183, 2138, 2947), les *thio-indogénides* (Friedlaender, *Mon.*, t. XXX, p. 347), etc., sont *halochromes* et présentent les mêmes relations que ci-dessus; celles-ci ne paraissent cependant pas avoir été mentionnées expressément jusqu'ici, les auteurs ne s'étant pas préoccupés de rechercher quel rapport peut exister entre la coloration donnée par SO^4H^2 et la constitution du produit étudié.

Partant de ces considérations, je me suis proposé de rechercher si, comme les dérivés de la dibenzalacétone, etc., les indogénides, et en particulier, les isoxazol-indogénides, peuvent donner de véritables combinaisons colorées avec les acides et les sels métalliques, comparables ainsi aux sels d'oxonium, de carbonium, etc., de Bæyer. Cette hypothèse est vérifiée par l'expérience.

Si l'on fait passer un courant de gaz chlorhydrique sec sur le pipéronalphénylisoxazolone, par exemple, en suspension dans le benzène ou le chlo-

roforme, à la température de -10°, le produit, primitivement jaune clair, se dissout peu à peu, la liqueur prenant une teinte rouge sang, puis il se dépose des cristaux rouge foncé; toutefois ce composé d'addition, à cause de sa très grande instabilité, n'a pu être isolé.

J'ai étudié alors l'action des sels haloïdes. Les indogénides et les corps analogues fournissent des composés d'addition colorés avec le chlorure stannique, le chlorure ferrique, le chlorure d'aluminium, etc. J'ai préparé quelques combinaisons des isoxazol-indogénides avec le chlorure stannique, ce produit se prêtant particulièrement bien à l'obtention de composés complexes avec les corps organiques.

On dissout, ou l'on met en suspension, dans le benzène ou le chloroforme, l'indogénide étudiée. On y ajoute une solution de chlorure stannique anhydre, dans le même solvant; il se produit un léger échauffement, accompagné, s'il y a lieu, de dissolution et d'une coloration intense; puis, au bout de quelque temps, il se forme un précipité. Celui-ci est essoré, lavé rapidement au chloroforme ou au benzène et séché dans le vide sur l'anhydride phosphorique.

Les composés suivants ont été ainsi obtenus :

Chlorostannate de benzalphénylisoxazolone. — Poudre microcristalline jaune soufre, $SnCl^4, C^{16}H^{11}O^2N$, se décomposant vers 200°.

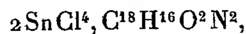
Chlorostannate de pipéronalphénylisoxazolone. — $SnCl^4, C^{17}H^{11}O^4N$, décomposable vers 160°, cristaux en feuillets rouge foncé, devenant jaunes à l'air humide ou sous l'action de l'alcool ou de l'éther, avec lesquels il paraît se combiner; le produit reprend sa couleur primitive, sans altération, dans le vide sec.

Chlorostannate d'anisalphénylisoxazolone. — $SnCl^4, C^{17}H^{13}O^3N$, poudre jaune foncé, décomposable à 155°.

Chlorostannate de o-méthoxybenzalphénylisoxazolone. — $SnCl^4, 2C^{17}H^{13}O^3N$, poudre orangée, se décomposant vers 130°, et prenant une coloration jaune à l'air humide; il reprend sa teinte normale sous l'exsiccateur.

Chlorostannate de vanilline-phénylisoxazolone. — $SnCl^4, C^{17}H^{13}O^4N$, poudre microcristalline rouge marron, décomposable vers 150°, et présentant un phénomène analogue au corps précédent.

Chlorostannate de diméthylaminobenzalphénylisoxazolone.


$$2SnCl^4, C^{18}H^{16}O^2N^2,$$

rouge vif, décomposable à une température supérieure à 250°.

Les indogénides et leurs congénères fournissent également des composés

analogues : à titre d'exemple, je citerai le *chlorostannate de pipéronal-oxythionaphtène*, $SnCl^4, C^{15}H^{10}O^3S$, poudre microcristalline noir violet, décomposable vers 215°.

Tous ces composés sont hydrolysés par l'eau plus ou moins rapidement. Ils sont insolubles ou très peu solubles dans les solvants organiques. Leurs colorations sont beaucoup plus foncées que celle des corps générateurs et présentent des relations analogues à celles données par SO^4H^2.

Les *azoïques mixtes* de la phénylisoxazolone, qui sont *halochromes*, fournissent des combinaisons de ce genre : par exemple, le *benzène-azo-phénylisoxazolone* donne ainsi le *chlorostannate* $SnCl^4, C^{15}H^{11}O^2N^3$, jaune orangé, décomposable vers 130°.

Cette réaction est applicable à d'autres composés azoïques plus simples, tels que l'azobenzène lui-même.

PÉTROGRAPHIE. — *Sur les roches éruptives du Lyonnais. Granites en place et granites charriés. Évolution des magmas aux temps hercyniens.* Note de M. **Albert Michel-Lévy**, présentée par M. Pierre Termier.

L'analyse chimique de certaines roches éruptives des montagnes du Lyonnais, jointe à leur étude en plaque mince, m'a conduit à quelques rapprochements qui intéressent deux ordres de faits : 1° d'une part, l'origine des granites broyés, au nord de Vienne; 2° d'autre part, la succession des éruptions et l'évolution des magmas dans la région lyonnaise hercynienne.

1° MM. Termier, Friedel et Grandjean ont appelé l'attention sur le granite écrasé du mont Salomon (nord de Vienne), analogue à celui de la Gampille et de Cizeron (nappes de Saint-Étienne); ce granite, qui rappelle la protogine du mont Blanc, fait partie d'une puissante masse de roches broyées, d'origine plus ou moins lointaine; il diffère, en tout cas, du granite à *cordiérite* du substratum, voisin vers le Sud-Est.

J'apporte ici (¹) la comparaison de quatre granites lyonnais typiques : d'une part, un granite porphyroïde avec orthose, albite, oligoclase-andésine, mica noir abondant, provenant des *Halles* (nord-ouest de Sainte-Foy-l'Argentière) (3) et un granite, avec orthose, albite, oligoclase, mica noir assez abondant et cordiérite, pris au *Moulin de Tabourette* (au sud-est de Vienne) (2); d'autre part, un granite de *Charbonnières* (4),

(¹) Voir les analyses et paramètres indiqués dans le Tableau ci-après.

riche en quartz, orthose, microcline et albite, très pauvre en biotite, mais avec muscovite; enfin le granite du *mont Salomon* (5), avec cristaux d'orthose et d'albite, brisés et tordus, muscovite, chlorite et quartz secondaire abondant. Ce dernier granite seul n'est pas en place.

Analyses de M. Pisani, 1913.

Ages.	Roches et gisements.	TiO^2.	SiO^2.	Al^2O^3.	Fe^2O^3.	FeO.	CaO.	MgO.	K^2O.	Na^2O.	P. f.	Total.	P^2O^5.
Dévonien supérieur.	1. Ortho-albitophyre W. Poyet (Saint-Forgeux).	3,46	48,50	17,20	0,40	9,23	3,19	8,22	0,49	4,08	6,20	100,97	»
Tournaisien...	2. Granite, Moulin de Tabourette.	0,95	63,20	17,15	0,20	3,72	3,06	3,32	4,21	3,17	0,60	100,58	0,19
	3. Granite, Les Halles	0,84	69,30	14,40	»	3,02	2,97	1,94	4,15	3,30	1,00	100,92	0,13
	4. Granite, Charbonnières...	»	75,30	13,82	»	1,08	0,45	0,90	4,07	3,40	0,80	99,82	»
	5. Granite, Mont Salomon..	0,13	75,50	13,80	»	0,66	0,32	0,77	4,10	3,41	0,90	99,59	0,07
	6. Orthophyre, St-Clément..	0,25	73,80	14,60	»	2,35	0,06	1,17	2,85	4,15	1,50	100,73	»
Viséen.........	7. Microgranulite (filon), St-Symphorien-sur-Coise.	0,78	67,50	14,60	0,43	2,00	2,88	2,35	3,93	3,80	2,00	100,27	0,06
	8. Microgranulite (coulée), Violay.	0,26	67,50	15,65	»	2,43	1,77	1,70	4,08	2,95	3,20	99,54	»
Permien.......	9. Porphyrite amphibolique (lamprophyre), Courzieu.	1,70	50,15	16,10	2,65	5,58	8,61	8,38	1,36	2,35	3,90	100,78	0,13

Paramètres magmatiques (Michel-Lévy).

Ages.	Roches et gisements.	Noms américains.	Fumerolle. $\Phi=\frac{S_{sal.}}{2k+3n}$.	Fumerolle. $r=\frac{k}{n}$.	Scorie. $\Psi=\frac{F}{m}$.	Scorie. $U=\frac{F}{c+c'}$.	An p. 100.
Dévonien supérieur.	1.	*x* près Andose..... II.5.3.5...........	Syénitique. 2,9	Persodique. 0,12	Magnésien. 1,2	Micro-calcique. 3,2	31,5
Tournaisien....	2.	Harzose.......... II.4.3.3..........	Alcalino-granitique. 3,3	Méga-potassique. 1,39	Magnésien-ferrique. 1,9	Méso-calcique. 1,3	36,1
	3.	Toscanose......... I.4.2.3...........	Granito-dioritique. 3,6	Méga-potassique. 1,24	Magnésien-ferrique. 1,6	Méso-calcique. 1	30,0
	4.	Alaskose .... I.3.1.3...........	Granito-dioritique. 4,04	Méga-potassique. 1,21	Magnésien. 1,2	Micro-calcique. 2,7	6,5
	5.	Alaskose .... I.3.1.3...........	Granito-dioritique. 4,1	Méga-potassique. 1,2	Magnésien. 0,9	Micro-calcique. 3,5	3,4
	6.	*x* près Kallerndose. I.3.1.4...........	Granito-dioritique. 4,04	Méso-potassique. 0,68	Magnésien-ferrique. 1,9	Micro-calcique. 23	1,4
Viséen.........	7.	Toscanose .... I.4.2.3...........	Alcalino-granitique. 3,36	Méga-potassique. 1,1	Magnésien. 1,2	Méga-calcique. 0,9	25,4
	8.	Toscanose......... I.4.2.3...........	Granito-dioritique. 4,0	Méga-potassique. 1,42	Magnésien. 1,4	Méso-calcique. 1,3	26,5
Permien.......	9.	Hessose .... II.5.4.4..........	Granito-dioritique. 3,9	Méso-potassique. 0,61	Magnésien. 0,98	Méga-calcique. 0,97	60,0

Les coefficients magmatiques les plus stables de Michel-Lévy,

$$\Phi=\frac{S_{sal}}{2k+3n} \quad \text{et} \quad r=\frac{k}{n},$$

se montrent très constants dans ces quatre granites et prouvent leur parenté. Leur

fumerolle est granito-dioritique, méga-potassique. Mais les quantités absolues de leurs divers éléments chimiques diffèrent et permettent de les classer en deux groupes (que faisait prévoir leur composition minéralogique); les deux premiers, (3) et (2), contiennent moins de SiO^2 (quartz libre normatif = 18 et 26,4 pour 100) et plus de CaO, MgO, FeO; d'où l'apparition de feldspaths tricliniques, de biotite et de cordiérite (anorthite normative pour 100 de feldspaths tricliniques = 36,1 et 30,0 pour 100). Les deux derniers, (4) et (5), sont plus riches en SiO^2 (quartz libre normatif = 37,8 et 39 pour 100); très pauvres en CaO, MgO, FeO (anorthite normative = 6,5 et 3,4 pour 100); ils contiennent très peu de minéraux ferro-magnésiens.

Donc même magma originel probable; mais l'élément fumerolle est en plus forte proportion dans les granites du deuxième groupe qui sont vraisemblablement des ségrégations granulitiques de ce magma.

Ainsi le granite broyé et silicifié du mont Salomon est, chimiquement, presque identique au granite en place de Charbonnières; *il est, dès lors, permis de se demander s'il en provient par charriage;* le mont Salomon est à plus de 40^{km} au sud-est de Charbonnières; les plissements indiquent d'ailleurs des poussées du N-NW vers le S-SE, qui viennent à l'appui de cette hypothèse.

2° Les analyses de quelques autres roches lyonnaises conduisent à deux groupements intéressants au double point de vue de l'origine magmatique et des âges. Une seule roche, l'ortho-albitophyre en filon de Poyet (Saint-Forgeux) (1), possède une fumerolle *syénitique, persodique;* elle est antérieure à la mise en place du granite (Tournaisien), dont les paramètres (fumerolle) diffèrent complètement. Toutes les autres roches, qui sont contemporaines ou postérieures à cette mise en place, ont une fumerolle *granito-dioritique* (ou alcalino-granitique) *méga-potassique*, comme le granite lui-même [orthophyre de Saint-Clément (*Tournaisien*) (6), microgranulites, en filon, de Saint-Symphorien-sur-Coize (7), en coulée, de Violay (8) (*Viséen*), porphyrite amphibolique, lamprophyrique à l'est de Courzieu (9) (*Permien*)].

J'ai retrouvé dans le Lyonnais les mêmes roches éruptives que dans le Morvan [1], dans le même ordre d'apparition et avec les mêmes particularités magmatiques. Elles se classent en deux séries pétrographiques, l'une *syénitique, persodique*, antérieure au granite, représentée par les ortho-albitophyres, l'autre *granito-dioritique, méga-potassique*, dans laquelle les différentes roches, successivement constituées, semblent provenir de la différenciation d'un même magma granitique.

---

(1) *Carte géol., France.* Bull. 120, 1908.

AGRONOMIE. — *Sur la relation qui existe entre l'eau évaporée et le poids de matière végétale élaborée par le maïs.* Note (¹) de M. **Mazé**, présentée par M. A. Müntz.

L'eau tient la première place parmi les éléments fertilisants du sol; aussi les agronomes se sont-ils attachés depuis longtemps à déterminer les quantités d'eau évaporées par les plantes cultivées.

Elles varient nécessairement avec les conditions climatériques et peut-être aussi avec la nature du sol. Les chiffres suivants qui expriment les poids d'eau évaporée par kilogramme de plante sèche, montrent bien qu'il en est ainsi.

Nombre de kilogrammes d'eau évaporée par kilogramme de plante sèche, suivant les auteurs :

Tableau I.

		Lawes.		Hellriegch.	Haberland.	Risler.
Froment	sans engrais	247	Blé de mars.	338	234	»
	avec engrais minéral	225	Seigle d'été.	353	166	»
	avec engrais minéral + Az.	206	Avoine	376	455	250
Orge	sans engrais	257	Orge	»	247	»
	avec engrais minéral	238	Fève	283	»	»
	avec engrais minéral + Az.	271	Pois	273	»	»
			Trèfle rouge.	310	»	263
			Sarrasin	363	»	»
			Colza	329	»	»
			Maïs	»	»	216

La méthode des cultures en milieu aseptique, m'a permis d'évaluer rigoureusement les quantités d'eau mises en œuvre par le maïs dans les conditions de nutrition les plus variées.

Les chiffres obtenus sont consignés dans une série de Tableaux qui correspondent à autant de séries d'expériences. Toutes ces cultures ont été réalisées en 1910; toutes les plantes proviennent de graines prises sur le même épi.

Les solutions nutritives que j'ai employées dérivent de la solution primitive P × 1 dont la composition est la suivante :

(¹) Présentée dans la séance du 24 février 1913.

Nitrate de sodium............	0,6617	Chlorure de manganèse + 4 aq...	0,05
Sulfate d'ammonium..........	0,514	Chlorure de zinc...............	0,05
Phosphate de potassium neutre.	1	Silicate de potassium...........	0,05
Sulfate de magnésium + 7 aq..	0,2	Carbonate de calcium..........	2
Sulfate ferreux + 7 aq........	0,1	Eau du robinet (Vanne)........	1000

La solution $P \times 1$ étendue de deux et quatre fois son volume d'eau a donné les solutions $P \times \frac{1}{2}$ et $P \times \frac{1}{4}$. En remplaçant l'azote de $P \times 1$ par de l'azote empruntée en quantité équivalente à un seul composé azoté, j'ai préparé respectivement quatre liqueurs de concentration $P \times 1\ NO^3Na$, $P \times 1\ NO^3NH^4$, $P \times 1\ SO^4(NH^4)^2$, $P \times 1\ NH^4Cl$, lesquelles ont été diluées également à $\frac{1}{2}$ pour former d'autres milieux nutritifs.

Les solutions complémentaires utilisées pour combler les vides produits par l'évaporation des plantes du Tableau III, étaient ramenées respectivement à la concentration $P \times \frac{1}{2}$.

Les chiffres du Tableau IV concernent des plantes qui, après avoir atteint un poids sec variant de 12^g à 15^g environ, ont achevé leur développement dans des solutions incomplètes renfermant un seul sel nutritif à une concentration pour 1000 d'eau distillée indiquée dans la colonne 1.

Considérés dans l'ensemble de ces Tableaux (p. 722), les chiffres de la colonne 9 peuvent être regardés comme constants, ce qui veut dire que :

La quantité d'eau évaporée par kilogramme de matière végétale sèche est constante et indépendante de la nature des solutions nutritives et de leur concentration, de même que de l'état de développement de la plante.

Les chiffres de la colonne 10, rapportés à 1^{kg} d'organes aériens, varient en raison inverse du développement relatif *k* des racines. Ce sont ces rapports que les agronomes ont surtout étudiés jusqu'ici; ils masquent la loi que je viens d'énoncer; mais ils montrent que le rendement économique de l'eau évaporée est en faveur des solutions riches ou des sols fertiles, conformément aux résultats de Lawes (Tableau I).

Comme le poids de matière végétale n'est que la résultante des deux actions inverses de création et de destruction de matières organiques, on conçoit qu'en dehors des facteurs que je viens de considérer, il en existe d'autres, comme la température, par exemple, capable de faire varier la quantité d'eau évaporée par kilogramme de plante sèche.

TABLEAU II.

1. Nature des solutions.	2. Nos.	3. Age des plantes.	4. Poids sec, entier.	5. Poids sec. racines.	6. Poids sec, tiges+feuill.	7. Rapport R : racines/plantes (pl.=100).	8. Eau évaporée en kilog. par la plante entière.	9. Eau évaporée en kilog. par kilog. de plante sèche.	10. Eau évaporée en kilog. par kilog. de tiges+feuill.
		j	g	g	g				
$P \times \frac{1}{4}$	1	25	2,975	0,920	2,055	30,9	0,396	133,1	192,7
	2	31	4,330	1,288	3,042	29,7	0,630	145,6	207,1
	3	45	9,480	2,817	6,663	29,7	1,319	139,1	199,1
	4	53	8,560	2,423	6,137	28,3	1,259	145,6	205,1
$P \times \frac{1}{2}$	5	25	2,120	0,387	1,733	18,2	0,292	137,7	168,5
	6	31	3,210	0,821	2,380	25,5	0,528	164,4	221
	7	45	13,320	2,994	10,326	22,4	1,498	112,4	145
	8	53	14,380	2,977	11,403	20,7	1,983	139,1	173,9
$P \times 1 NO^3Na$	9	25	1,875	0,541	1,334	28,8	0,223	119	167,1
	10	31	2,100	0,578	1,522	27,5	0,281	133,8	184,6
	11	45	13,730	2,587	11,143	18,8	1,645	119,8	147,6
	12	53	9,390	1,694	7,696	18	1,211	128,9	157,3
$P \times 1 NO^3NH^4$	13	25	1,070	0,269	0,801	25,1	0,141	131,7	176
	14	31	2,080	0,393	1,617	19,5	0,288	143,2	178,1
	15	45	17,290	3,431	13,859	19,8	1,948	112,6	140,5
	16	53	8,070	1,118	6,952	13,8	1,213	150,3	174,5
$P \times 1 SO^4(NH^4)^2$	17	»	10,975	1,741	9,234	15,8	1,372	125	148,5
	18	»	8,630	1,490	7,140	17,2	1,177	136,3	164,8
	19	»	10,665	1,698	8,967	15,9	1,342	125,8	149,6

TABLEAU III.

Plantes ayant achevé leur évolution.

$P \times 1 NH^4Cl$	20	107	70	»	»	»	9,150	130,7	»
$P \times 1 NO^3NH^4$	21	107	69,92	»	»	»	10,776	154,1	»
$P \times 1 SO^4(NH^4)^2$	22	107	50,34	»	»	»	7,663	151,6	»
$P \times 1 NO^3Na$	23	107	48,50	»	»	»	7,766	160,3	»

TABLEAU IV.

Plantes placées en solutions incomplètes.

$0,5 NO^3NH^4$	24	96	40,100	10,70	29,400	26,68	5,374	134,02	182,7
$0,5 SO^4(NH^4)^2$	25	88	15,790	2,750	13,040	17,41	2,565	162,44	196,8
$1 NO^3Na$	26	96	27,38	8,090	19,290	29,54	4,034	147,33	209,2
$1 PO^4HK^2$	27	88	33,015	8,530	24,485	25,83	5,449	165,0	222,6
$0,5 NH^4Cl$	28	88	13,360	2,207	11,153	16,51	2,713	148,3	177,71
Eau distillée	29	95	39,65	5,113	34,537	12,89	5,885	148,4	170,39

AGRONOMIE. — *Les matières azotées solubles comme facteur d'appréciation des farines*. Note de MM. **Eug. Rousseaux** et **Maurice Sirot**, présentée par M. A. Müntz.

Tous les chimistes qui se sont occupés d'analyses de farines savent combien l'interprétation des résultats obtenus offre de difficultés. Lorsque la farine est nettement avariée, des dosages tels que : acidité, matières grasses, gluten et ses caractères, etc., permettent de se prononcer.

Il existe pourtant des cas assez nombreux où le chimiste se trouve très embarrassé : lorsque de l'examen des chiffres seuls on ne peut que conclure à une farine de composition normale, quoique le praticien ait reconnu que sa farine présente des inconvénients à la panification. Ce fut le cas, par exemple, pour deux farines de composition satisfaisante.

Les résultats, trouvés par plusieurs laboratoires, conduisaient aux mêmes conclusions : farines de composition normale, et cependant des experts minotiers les déclarèrent toujours mauvaises et inaptes à faire du pain de bonne qualité.

Quand il s'agit, par exemple, de livraisons de plusieurs milliers de quintaux de farines du commerce pour les approvisionnements des manutentions militaires, on se rend compte de l'importance de la question.

Nous avons recherché si l'examen des matières azotées des farines ne nous donnerait pas un criterium plus certain que les dosages prescrits par les méthodes actuellement en usage.

De la connaissance de la formation et de la migration des principes immédiats des végétaux, on comprend qu'on puisse trouver dans le blé ou dans la farine les matières azotées sous les deux formes soluble et insoluble. On est amené à prévoir que, dans une farine provenant de graines complètement formées, les matières azotées seront en grande partie à l'état insoluble; que, dans les farines provenant de graines incomplètement formées, ou déjà en voie de germination, les matières azotées solubles seront dans une proportion plus forte. C'est ce principe qui nous a guidés dans nos recherches.

Nous nous sommes attachés d'abord à déterminer la proportion des matières azotées solubles dans les bonnes farines et à établir le rapport $\frac{\textit{matières azotées totales}}{\textit{matières azotées solubles}}$. Les méthodes de dosages employées sont les suivantes :

Azote total. — Dosage ordinaire de l'azote par la méthode Kjeldahl, en opérant sur 2^g de farine.

Azote soluble. — On introduit 10^g de farine dans un ballon de 200^{cm^3}, avec environ

150^{cm^3} d'eau distillée; on mélange, en agitant, tout en versant l'eau. Le ballon est placé au bain-marie bouillant; on l'y laisse 2 à 5 minutes, en agitant fréquemment, le feu étant retiré de dessous le bain-marie; on enlève alors le ballon, on le refroidit, on le complète, on l'agite et l'on filtre. On recueille 50^{cm^3} du filtrat, correspondant à $2^g,5$ de farine. L'azote y est dosé par la méthode Kjeldahl.

Ces dosages furent effectués sur une vingtaine de farines de bonne qualité, en même temps que les dosages de l'acidité et du gluten.

Nous en avons déduit le rapport moyen entre l'azote total et l'azote soluble. Ce rapport est assez constant et voisin de 5,72, avec des écarts de 0,30 en plus ou en moins.

Il était dès lors intéressant d'établir ce rapport pour des farines que l'analyse ordinaire elle-même caractérisait comme nettement mauvaise. Ce que nous supposions s'est trouvé vérifié : l'azote y est en partie solubilisé; le rapport peut tomber à 1,15; il y a alors presque autant d'azote soluble que d'azote insoluble.

Partant de farines bonnes à tous points de vue, nous avons étudié comment variait le rapport suivant les conditions de conservation. Tandis qu'il reste à peu près le même dans une farine bien conservée, il est passé, pour une farine première de Corbeil, de 6,02 à 4,00 dans l'espace de trois mois, par une conservation défectueuse, se rapprochant des conditions favorables à la germination (humidité et chaleur simultanées).

Après avoir étudié le rapport dans les divers cas ci-dessus, nous l'avons déterminé dans plusieurs farines qui nous étaient soumises. Pour deux qui donnaient une proportion normale de gluten assez beau, mais que l'acidité élevée (103^{mg} et 95^{mg}) classait parmi celles présentant des inconvénients à la panification, notre rapport, qui ne s'éloignait pas sensiblement de la moyenne, concordait avec la pratique pour permettre de les considérer comme satisfaisantes.

Par contre, d'autres farines présentaient des inconvénients à la panification et avaient cependant une acidité, un gluten normaux, et les caractères du gluten n'étaient pas sensiblement modifiés pour retenir l'attention du chimiste. Notre rapport, sensiblement inférieur à la moyenne (5,00 et 2,76), concordait ici encore avec la pratique pour faire considérer ces farines comme défectueuses.

Une même farine, de composition et de rapport normaux au début, a été suivie pendant plusieurs mois, elle était conservée en sacs au fournil. A un moment, le boulanger la trouvant inférieure à ce qu'elle était, le rapport était, en effet, tombé de 5,62 à 5,18.

Enfin, nous avons examiné des farines, provenant généralement de blés mal récoltés, et qui, après pétrissage et lors du repos précédant la mise en corbeilles, laissent échapper de l'eau, laquelle remonte à la surface de la pâte (farines qui relâchent); elles obligent à réajouter de la farine et à remanier la pâte; on obtient un pain moins beau et un rendement moins fort. Seul, dans ce cas, le rapport (4,05 et 4,32) a pu nous renseigner sur l'infériorité de telles farines.

En résumé, nos recherches nous permettent de dire que :

Dans les bonnes farines, le rapport moyen entre l'azote total et l'azote soluble, tel que nous l'obtenons, comme il a été dit, est voisin de 5,72; dès qu'il s'abaisse au-dessous de 5,20 nous avons toujours constaté qu'il correspondait à une farine inférieure, présentant un inconvénient quelconque à la panification.

Il semble résulter réciproquement que, pour qu'une farine soit bonne, il faut que ses matières azotées totales et solubles ne s'écartent pas sensiblement du rapport indiqué, et cela souvent indépendamment de l'acidité, qui est parfois peu élevée dans de mauvaises farines.

Nous n'avons pas la prétention de considérer ce rapport comme devant se substituer à l'analyse ordinaire, mais nous avons cru devoir faire connaître nos observations, car le rapport $\frac{\textit{azote total}}{\textit{azote soluble}}$ nous a permis souvent de nous rendre compte pourquoi une farine incriminée par la pratique était, en effet, défectueuse, malgré une analyse chimique ordinaire favorable, et, d'autre part, de confirmer ou de prévoir l'appréciation défavorable de la pratique pour des farines que leur composition autorisait à considérer comme normales.

AGRONOMIE. — *Recherches sur l'action fertilisante du soufre.* Note de M. A. Demolon, présentée par M. A. Müntz.

Dans une Note précédente (*Comptes rendus*, t. 154, p. 524) nous avons signalé quelques résultats montrant que l'addition de soufre au sol peut exercer une action fertilisante parfois très marquée. Nous avons fait voir que ce soufre peut évoluer et se transformer en acide sulfurique. Toutefois, dans les conditions où nous nous étions placé, ce phénomène ne s'était produit qu'avec lenteur et était resté peu important au point de vue quantitatif. L'expérience suivante montre qu'il peut prendre une intensité très notable.

I. Deux terres de limon d'origines différentes A et B, renfermant respectivement 3 pour 100 et 2,80 pour 100 de carbonate de chaux, sont additionnées de 1 pour 100 de soufre en fleur débarrassé de toute trace d'acide sulfurique et placées dans des soucoupes en large surface. On ensemence avec quelques centimètres cubes de terre de jardin et l'on place à l'étuve à 20°. De temps à autre, on arrose avec de l'eau distillée. A plusieurs reprises la terre, devenue compacte, est broyée soigneusement au mortier. Au bout de 40 jours, on épuise chaque lot dans une allonge par l'eau distillée et l'on dose l'acide sulfurique.

		SO^4Ba pour 100^g de terre.	Soufre transformé en SO^4H^2.
A	avec soufre	0,970	0,124
	témoin sans soufre	0,062	»
B	avec soufre	0,612	0,077
	témoin sans soufre	0,047	»

Le soufre, dans des conditions favorables, est donc susceptible de devenir une source continue et appréciable d'acide sulfurique. Celui-ci se retrouve à l'état de sulfate de chaux.

L'expérience suivante montre que le phénomène est lié à l'intervention de microrganismes.

II. Dans quatre tubes on place 50^g de terre renfermant 1 pour 100 de soufre. Pour les tubes 1 et 3, la terre a été chauffée 1 heure à 105° avant l'addition de soufre. On amène à 20 pour 100 d'humidité avec de l'eau stérile et l'on scelle les tubes en laissant une chambre à air. Les nos 1 et 2 sont placés côte à côte dans le sol à 10^{cm} de profondeur, les nos 3 et 4 à l'étuve à 25°. Au bout de deux mois (juillet et août) on dose l'acide sulfurique formé :

		SO^4Ba obtenu.	Différence en faveur de la terre non chauffée.
Dans le sol.	1 chauffé	0,092	0,073
	2 non chauffé	0,165	
Étuve à 25°.	3 chauffé	0,203	0,113
	4 non chauffé	0,316	

Le chauffage de la terre à 105° a ralenti l'oxydation du soufre, tandis que la température de 25° l'a accélérée.

Il est d'ailleurs aisé de constater que le soufre peut être facilement attaqué par les microbes du sol : si l'on ensemence avec un peu de délayure de terre un milieu liquide fermentescible, additionné de fleur de soufre, on obtient rapidement un dégagement de H^2S. Dans le sol et dans des conditions aérobies, le phénomène normal semble être l'oxydation sulfurique, la réduction des sulfates ne s'observant que dans des conditions excep-

tionnelles (abondance des matières organiques, milieu anaérobie). En résumé l'évolution du soufre dans le sol présente un parallélisme frappant avec celle de l'azote.

III. L'action fertilisante du soufre pouvant être à la fois d'origine chimique et biologique, nous l'avons mise en parallèle, en 1912, avec celle de l'acide sulfurique, de l'anhydride sulfureux et du sulfure de carbone.

Conditions de l'expérience. — Terre de jardin fertile sans engrais. SO^2 liquéfié et CS^2 sont injectés dans le sol quelques jours avant le semis (5^{cm^3} tous les 20^{cm} par ligne). Soufre 2^g par mètre linéaire. SO^4H^2 à 5 pour 100^{cm^3} par mètre.

Deux variétés de betteraves à sucre ont été expérimentées dans deux parcelles.

Variété Klein Wanzleben.

	Témoin.	Soufre.	SO^4H^2.	SO^2.	CS^2.
Poids moyen d'une racine...	0,334	0,342	0,326	0,408	0,439
Poids moyen des feuilles....	0,228	0,277	0,231	0,275	0,299
Densité..................	9,1	8,7	8,9	8,6	8,6
Sucre pour 100^{kg}..........	17,50	17,20	17,0	17,10	17,20
Pureté..................	89,2	90,7	92,5	90,4	91,6

Variété Bimpau.

	Témoin.	Soufre.	SO^4H^2.	SO^2.	CS^2.
Poids moyen d'une racine...	0,353	0,377	0,364	0,405	0,445
Poids moyen des feuilles....	0,317	0,361	0,322	0,362	0,324
Densité..................	8,7	9,0	8,8	8,7	8,9
Sucre pour 100^{kg}..........	17,20	17,20	17,50	17,20	17,70
Pureté..................	91,3	90,8	90,3	90,6	90,9

Bornons-nous à remarquer que l'action des antiseptiques gazeux a été beaucoup plus marquée que celle du soufre. Dans les deux cas, l'ordre a été : soufre, SO^2, CS^2, ce dernier ayant donné le maximum d'effet. Quant à l'acide sulfurique, il est resté sans action. Mais il est permis de penser que son application brutale avant le semis n'est nullement comparable à une formation progressive dans le sol au cours de la végétation.

IV. Des expériences réalisées en grande culture en 1912, et que nous exposerons en détail ailleurs, ressortent les faits suivants :

1° Le soufre peut encore jouer lorsqu'on pratique un apport normal de fumier de ferme, mais son action diminue et peut devenir nulle en présence d'une dose suffisante d'engrais organiques et minéraux ;

2° La pomme de terre est la plante de grande culture qui a, de la manière

la plus générale, bénéficié d'un apport de soufre. En terres légères, pauvres en carbonates terreux, une action nocive a pu être observée sur les céréales (dose 80g à l'hectare). Ce phénomène peut tenir à l'acidification de la réaction du sol;

3° Un apport de soufre à dose égale d'azote a donné les mêmes résultats qu'une fumure minérale complète (superphosphate, plâtre, sulfate de potasse).

En résumé l'action fertilisante du soufre semble pouvoir être attribuée :

a. A son action sur les microbes du sol (Boullanger, *Comptes rendus*, t. 154, p. 369; t. 155, p. 327);

b. A sa transformation progressive en acide sulfurique qui, non seulement peut constituer dans certains cas une source de soufre pour la plante, mais qui peut encore jouer le rôle de solubilisateur de certains éléments minéraux du sol, soit directement, soit indirectement par la formation de sulfate de chaux mobilisateur de la potasse.

PHYSIOLOGIE. — *Activité des centres nerveux et catabolisme azoté de la substance nerveuse.* Note de M. **L.-C. Soula**, présentée par M. A. Dastre.

Étant donnée la quantité d'azote total que renferme un poids donné d'organe ou de tissu, on peut apprécier le catabolisme des matières protéiques en déterminant la proportion par rapport à l'azote total de l'azote des albumines, des polypeptides, des acides aminés et de l'ammoniaque. On arrivera ainsi à établir des coefficients qui peuvent nous rendre compte de l'intensité de la désassimilation azotée.

En l'espèce, ce sont surtout les rapports de l'azote des polypeptides (*coefficient de protéolyse*) et de l'azote aminé (*coefficient d'aminogenèse*) à l'azote total qui sont à considérer.

Ce sont ces coefficients que nous avons déterminés pour les centres nerveux, à l'état normal, et soumis d'autre part à des conditions de nature à augmenter ou à diminuer leur activité.

De l'examen d'un très grand nombre de cerveaux et de moelles normaux il résulte que les valeurs moyennes de ces coefficients sont :

a. Pour le lapin, coefficient d'aminogenèse : 6 pour 100 dans le cerveau et 7,5 pour 100 dans la moelle; coefficient de protéolyse : 13 pour 100.

b. Pour le chien, coefficient d'aminogenèse : 6 pour 100 dans le cerveau et 7 pour 100 dans la moelle; coefficient de protéolyse : 17 pour 100.

c. Pour le rat, coefficient d'aminogenèse : 6,9 pour 100.

d. Pour le cobaye, coefficient d'aminogenèse : 5,5 pour 100.

I. *Influence des facteurs qui augmentent l'activité des centres nerveux* (expérience sur le lapin, le chien, le cobaye et le rat). — Nous avons étudié l'hyperthermie générale provoquée par échauffement de l'enceinte où se trouvait l'animal, l'hyperthermie locale par diathermie, la faradisation du neuraxe, l'asphyxie prolongée, les agents chimiques convulsivants, la fatigue et la toxine tétanique. D'une manière générale, tous ces facteurs augmentent d'une façon marquée les coefficients de protéolyse et d'aminogenèse. Cette augmentation varie légèrement selon l'agent étudié, mais est en moyenne pour le coefficient d'aminogenèse de 3 à 5 pour 100 et pour le coefficient de protéolyse de 10 pour 100. Il est à noter que, dans le cas des substances convulsivantes et de la faradisation, les effets sont bien dus à une action directe sur le neuraxe, car ils ont persisté au même degré sur des animaux soumis à la respiration artificielle et dans certains cas à la curarisation.

II. *Influence des agents qui diminuent l'activité des centres nerveux.* — Par contre, les facteurs qui diminuent l'excitabilité du système nerveux abaissent de même ces deux coefficients. Nous avons étudié les effets de l'hypothermie provoquée par des affusions froides, de la morphine, du chloral, de la chloralose, de l'éther, du chloroforme et de la toxine diphtérique. Dans tous ces cas nous avons noté un abaissement des deux coefficients; cet abaissement est moins accentué que ne l'est leur élévation sous l'influence des excitants. En tous cas, sur les animaux soumis à ces influences les coefficients d'aminogenèse et de protéolyse ont toujours eu des valeurs inférieures à la normale.

L'ensemble de ces résultats nous montre donc que tous les agents qui augmentent l'activité des centres nerveux déterminent également un accroissement de la désassimilation azotée dans la substance nerveuse et que cet accroissement est, d'une façon générale, proportionnel à l'augmentation d'activité des centres. Inversement, tous les facteurs qui diminuent l'excitabilité du système nerveux abaissent l'intensité de la désintégration protéique.

Il résulte également de nos expériences que la source d'énergie à laquelle puisent les centres nerveux pour leur travail physiologique est constituée au moins par les principes azotés.

EMBRYOLOGIE ET PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Sur la nature et le développement de l'organe lumineux du Lampyre noctiluque.* Note de M. **Raphael Dubois**, présentée par M. Henneguy.

M. von R. Vogel, de Tübingen, a bien voulu m'adresser un intéressant travail sur la topographie et le développement des organes lumineux du *Lampyris noctiluca* (¹) qu'il vient de publier.

L'auteur fait observer, avec raison, que Leydig, en faisant dériver du corps adipeux les organes lumineux de *Lampyris splendidula* à cause d'une certaine ressemblance structurale entre les deux tissus, n'a pas démontré cette transformation. Cette hypothèse a été combattue par Kölliker qui avait vu dans ces organes lumineux les analogues d'organes nerveux semblables aux organes électriques des Poissons, à cause des faisceaux nerveux qui s'y ramifient et viennent s'y perdre : cette opinion est doublement erronée puisque ces derniers sont plutôt assimilables à des organes musculaires. Wielowiesjki croit qu'il y des rapports assez étroits avec le corps adipeux, mais il est d'abord indécis, puis, plus tard, il croit que la couche d'urates (?) renfermant de l'acide urique (?) est apparentée au corps adipeux, tandis que la couche parenchymateuse lumineuse se compose, par contre, de cellules dérivant des *œnocytes* et serait par conséquent d'origine ectodermique. Von Vogel fait observer, avec raison, que toutes ces données sur l'origine des organes lumineux ne peuvent être que des suppositions plus ou moins fondées, n'étant que des déductions tirées de la structure d'organes développés : l'histoire du développement peut seule apporter la certitude. Von Vogel penche vers l'opinion que les organes lumineux dérivent du corps adipeux parce qu'il voit se produire dans les cellules de ces derniers des processus d'histolyse, non pas identiques, mais analogues : formation de granulations de nature albuminoïde, cellules sans membranes, irrégulièrement déchiquetées, multiplication mitosique très active « dans les amas adipeux » voisins de l'hypoderme et destinés à la formation des organes lumineux. Enfin, d'après von Vogel, l'organe lumineux larvaire serait complètement isolé de l'hypoderme à une période de son développement.

Von Vogel ne paraît connaître mes recherches sur les organes lumineux que par ce qu'en a dit E. Mangold, et cela explique pourquoi il a cru devoir entreprendre une étude faite depuis longtemps déjà par moi sur leur ontogénie.

Au début de mes recherches sur les Pyrophores, j'ai bien cru, avec Leydig, que les organes lumineux des Insectes dérivent du corps adipeux;

(¹) Von R. Vogel, *Zur Topographie und Entwicklungsgeschichte der Leuchtorgane von* Lampyris noctiluca (*Zool. Anz.*, Bd. XLI, Nr. 7, 11 Februar 1913).

mais en examinant de plus près ce point de la question j'ai pu établir *ab ovo* qu'il n'en est pas ainsi (¹).

Contrairement à l'opinion de Wielowiesjki, la luminosité se produit à l'intérieur de l'œuf. Elle se montre déjà dans les oviductes de très bonne heure et en dehors de toute fécondation préalable, avant toute formation blastodermique.

Au début du développement, les cellules photogènes sont localisées dans le blastoderme qui se forme aux dépens du vitellus de formation. Le vitellus de nutrition n'est pas photogène comme le croit von Vogel. En outre les observations de von Vogel ne font que confirmer l'existence de l'organe photogène dans la larve avant l'éclosion, car je l'ai depuis longtemps signalée.

Chez la larve, l'organe prend naissance aux dépens des cellules profondes de l'hypoderme, et, alors même que l'organe lumineux larvaire semble plus tard isolé au milieu du tissu adipeux, il est relié à la face interne de l'hypoderme par un pédicule, très fin il est vrai, dans le second âge.

Dans la période nymphale pendant laquelle les téguments ne sont pas encore pigmentés, toute la face interne du squelette se montre légèrement phosphorescente.

Cette origine ectodermique, absolument étrangère à la formation du corps adipeux, se montre à tous les stades du développement, aussi bien chez le mâle que chez la femelle du *Lampyris noctiluca*, et surtout dans les organes photogènes des *Pyrophores* où j'ai bien mis en évidence la naissance des cellules photogènes aux dépens de l'ectoderme, c'est-à-dire de la prolifération des cellules profondes de l'hypoderme. Wielowiesjki croyait que la couche dite *crayeuse* était d'une origine différente de celle de la couche parenchymateuse. Von Vogel a confirmé l'opinion que j'ai toujours soutenue, aussi bien pour les Lampyrides que pour les Élatérides, à savoir que les deux couches sont continues, ainsi que cela se voit nettement dans les organes adultes de la femelle du Ver luisant et chez les Pyrophores des deux sexes (²) : les cellules de la couche crayeuse ne sont que des cellules parenchymateuses modifiées par l'histolyse glandulaire, et avec produits oxydés cristallins résultant de l'oxydation photogénique de la luciférine

(¹) Voir *Leçons de Physiologie générale et comparée*, chez Masson, Paris, 1898, 12e leçon, p. 301 et suiv.

(²) *Loc. cit.*, p. 145, 146, 159, 160, 161.

par la luciférase. Les organes photogènes des Insectes sont, en effet, des glandes comme tous les autres organes différenciés en vue de la fonction photogénique. Actuellement, l'étude phylogénique, à elle seule, suffirait à le prouver, si la physiologie ne l'avait montré depuis longtemps déjà. Mais il en existe de deux types bien distincts : 1° des *glandes à sécrétion externe* (Myriapodes, par exemple); 2° des *glandes à sécrétion interne*. On peut dire que ces dernières peuvent servir de type fonctionnel. On voit le sang y pénétrer par un mécanisme que j'ai le premier décrit, et en sortir chargé de produits élaborés dans la glande (¹). Il existe d'autres glandes à sécrétion interne chez divers animaux autres que des Articulés, par exemple chez les Céphalopodes, chez lesquels les glandes photogènes offrent les plus grandes analogies avec celles des Insectes.

Conclusions. — L'ontologie, la phylogénie et la physiologie s'accordent pour montrer :

1° Que les organes photogènes dans toute la série sont d'origine ectodermique;

2° Que ce sont des glandes;

3° Que ces glandes se ramènent à deux types distincts : (*a*) glandes à *sécrétion externe;* (*b*) glandes à *sécrétion interne;*

4° Les organes photogènes des Insectes montrent très nettement les détails du mode de fonctionnement des glandes à sécrétion interne.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la présence du bore dans la série animale.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **H. Agulhon**, présentée par M. E. Roux.

Nous avons réussi, l'année dernière, à l'aide d'une méthode sûre et d'une très grande sensibilité, à découvrir des traces de bore dans la plupart des organes du Cobaye, du Lapin, du Mouton, du Bœuf et du Cheval (²).

Nous nous sommes demandé s'il s'agissait là d'un fait spécial, propre à la classe des Mammifères, analogue, par exemple, à celui de l'existence du cuivre dans le sang chez les Crustacés et certains Mollusques, ou bien, au

(¹) *Loc. cit.*, p. 328-335.
(²) *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 248.

contraire, si la présence du bore s'étendait, comme celle de l'arsenic et celle du manganèse, à tous les représentants de la série animale.

Les nouvelles expériences que nous avons entreprises pour répondre à cette importante question de Chimie biologique comparée ont porté sur 27 espèces choisies dans les différentes classes.

Sauf en ce qui concerne le Maquereau, le Merlan et la Limande que nous avons achetés au marché, nous sommes partis d'animaux vivants pour nos expériences. L'Orque, la Tortue de mer, la Roussette et les Seiches ont été capturés au cours d'une croisière entreprise par S. A. S. le Prince de Monaco et les échantillons destinés aux analyses séparés, lavés et desséchés aussitôt par l'un de nous. La conservation dans l'alcool, liquide très difficile à obtenir exempt de bore, a été ainsi évitée.

Chaque expérience a été effectuée en général sur 10^g de matières sèches. Lorsque les animaux étaient de taille supérieure à celle qui correspond à ce poids, ils étaient divisés avant la dessiccation et l'on opérait sur une partie seulement du résidu sec. Les animaux ont toujours été soigneusement débarrassés de toutes souillures : particules solides, eau de mer, etc. On a évité, chaque fois que cela aurait pu se produire, la contamination par les restes de substances alimentaires en éliminant, soit le contenu du tube digestif, soit même l'intestin. Il n'y a eu d'exception à cette règle que pour les Crevettes, les larves de *Tenebrio* et de *Chironomus*, à cause de la petitesse de ces animaux et du grand nombre d'individus sur lequel il a fallu opérer.

Le mode de recherche du bore a été le même que dans nos expériences antérieures : destruction des matières organiques au moufle ou à la bombe de platine, éthérification de l'acide borique contenu dans les cendres, distillation et saponification du borate de méthyle; reconnaissance, enfin, de l'acide borique mis en liberté par le papier au curcuma, dans des conditions spéciales, et, parfois même, au spectroscope, après transformation en fluorure de bore.

Nous résumons la nouvelle série d'expériences dans le Tableau suivant où nous indiquons successivement les noms des animaux et des organes examinés, les poids de substances analysées et, pour donner un aperçu de l'intensité relative de la réaction obtenue dans chaque cas avec l'acide borique, les longueurs de papier au curcuma colorées en rouge, virant au bleu par l'ammoniaque étendue :

Noms des animaux.	Organes examinés.	Poids. Secs.	Poids. Frais.	Long. color. après 18 h.	Long. color. après 48 h.
Mammifères :					
Souris blanche (combustion à la bombe).	Entière, moins l'intestin	4g	14g	2mm	
Orque (*Orca gladiator* L.)	Peau	10		8	
Oiseaux :					
Pigeon	Plumes	10		5	6mm
Id.	Muscles et os	10	25	0	2
Reptiles :					
Tortue de mer (*Thallasochelis caretta* L.).	Écaille	10		6	
Tortue des marais (*Cistudo europæa* Dum.)	Id.	10		4	6
Id.	Membres	10		2	4
Batraciens :					
Grenouille (*Rana temporaria* L.)	Sans l'intestin	14,5	60	4	
Poissons :					
Carpe nº 1	Peau et écailles	27	87	2	3
Id.	Viscères	6	35	0	2
Carpe nº 2	Muscles	10	57	0	0
Truite nº 1	Sans les viscères	10	36,6	0	0
Id.	Id.	20	73,2	0	0
Truite nº 2 (combustion à la bombe)	Intestin vidé	20	71	0	1
Tanche	Sans les viscères	10	50	2	
Anguille	Id.	10		1	3
Maquereau	Id.	10		4	
Merlan	Id.	10	51,5	3	
Limande	Id.	10	43,1	3	
Id. (combustion à la bombe)	Id.	10	43,1	3	
Roussette (*Scyllium canicula* Cuv.)	Peau	10		8	
Insectes :					
Vers de farine (*Tenebrio molitor*)	Entiers	10	23,8	3	
Vers de vase (*Chironimus plumosus*)	Id.	8,5	55	3	
Crustacés :					
Crevettes grises	Entières	10	38	4	
Langouste	Carapace	10		7	
Id.	Muscles	10	45,6	5	
Id.	Glande génitale	9		5	
Id.	Sang	1		3	
Écrevisses	Carapaces	11		1	3

Noms des animaux.	Organes examinés.	Poids. Secs.	Poids. Frais.	Long. color. après 18 h.	Long. color. après 48 h.
Céphalopodes :					
Seiches	Os	10g		3mm	
Gastéropodes :					
Escargots (*Helix pomatia* L.)	Sans coquille	10		6	
Ormeaux (*Haliothis tuberculata* L.)	Pied	10	44g	2	
Lamellibranches :					
Coquille Saint-Jacques (*Pecten Jacobæus* L.)	Muscle adducteur	10	58,8	7	
Hirudinées :					
Sangsues (*Hirudo officinalis* L.)	Entières	15	86	0	1mm
Échinodermes :					
Oursins (*Strongylocentrotus lividus*)	Test	14		6	8
Étoile de mer (*Asterias rubens*)	Téguments	9,5	34	8	10
Id. (*Asterias glacialis*)	Id.	5	18,5	7	
Id. Id.	Glande génitale	6	37	7	8

La recherche du bore en s'aidant du spectroscope a été tentée sur 12g de peau de Roussette, 30g de carapace de Langouste et 20g de téguments d'Étoile de mer (*Ast. glac.*), après destruction des matières organiques au moufle; elle a donné, dans les trois cas, une réaction très nette.

Ces résultats, joints à ceux que nous avons déjà publiés, autorisent à penser que *le bore existe normalement en très petites proportions dans l'organisme de tous les animaux*. Au point de vue de la répartition quantitative, on peut dire que c'est surtout parmi les espèces d'origine marine qu'on rencontre les plus riches; chez d'autres, comme la Truite et la Sangsue, la proportion de bore est, au contraire, extraordinairement petite, de l'ordre de $\frac{1}{100000000}$ de métalloïde par rapport à la matière vivante.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Contribution à la connaissance du plasma de propeptone*. Note de M. **Henri Stassano**, présentée par M. A. Dastre.

Il est bien établi que le foie intervient dans la production de l'incoagulabilité du sang à la suite d'une injection intra-veineuse de propeptone. Il s'agit d'une véritable sécrétion interne (substance anticoagulante, anti-

thrombine), provoquée par l'arrivée brusque de protéoses au niveau du parenchyme hépatique. D'après certains physiologistes, cette sécrétion représenterait l'exaltation d'une manifestation normale, constante, de l'activité physiologique du foie.

On ignore cependant par quel mécanisme agit cette substance anticoagulante : sur lequel des différents facteurs de la coagulation exerce-t-elle son action empêchante ?

Mes expériences, dont quelques-unes sont résumées dans cette Note, pourront éclaircir cette question. Ces expériences portent sur les caractères du plasma de propeptone.

Une importante propriété de ce plasma de propeptone incoagulé, c'est qu'il coagule par dilution d'eau distillée (2^{vol}, par exemple) (1). D'autres plasmas incoagulés, le plasma salé, notamment, coagulent aussi lorsqu'on les étend d'eau distillée. Mais ce qui distingue et caractérise le premier plasma, c'est qu'il coagule par dilution, même s'il est étendu d'eau distillée additionnée d'un sel anticoagulant; par contre, les plasmas salins (salé, oxalaté, citré, etc.), ne coagulent pas par dilution en présence d'un sel décalcifiant.

En somme, on a là deux sortes de plasmas, le plasma de propeptone, d'une part, et les plasmas salins, d'autre part, qui se comportent de même, le premier comme les autres, à l'égard de l'addition d'eau distillée: ils coagulent. Mais ils se comportent différemment lorsqu'on les dilue avec les solutions anticoagulantes (oxalate 1,2 pour 1000, fluorure 3 pour 1000, citrate alcalin 5 pour 1000, etc.). Le plasma de propeptone coagule encore; les plasmas salins, au contraire, le plasma salé en particulier, dont je me suis servi habituellement dans mes expériences, ne coagulent plus. Ces différents plasmas ne se trouvent donc pas dans la même condition vis-à-vis du fibrin-ferment.

Le plasma de propeptone se comporte dans cette circonstance comme un mélange de sérum et de fibrinogène (2) en solution décalcifiée qui coagule, mais non pas comme un mélange de sang et de fibrinogène en solution décalcifiée qui ne coagule pas. La concordance de ces faits nous amène ainsi à admettre que l'agent de la coagulation, le fibrin-ferment, est dans le

(1) Cette expérience réussit avec les plasmas de propeptone doués de pouvoir anticoagulant moyen.

(2) J'emploie comme solution de fibrinogène, *liqueur test* de Dastre et Stassano (*La coagulation du sang*, thèse de A. Daumas, Faculté des Sciences, Paris, 1910), la sérosité péritonéale de cheval.

plasma de propeptone à l'état actif où il se trouve dans le sérum, c'est-à-dire complètement formé (fibrin-ferment ou thrombine des auteurs modernes), et non pas à l'état où il est dans le sang circulant ainsi que dans le sang extra-vasé en présence des solutions décalcifiantes ou dans le plasma salé dilué en solution anticoagulante, c'est-à-dire à l'état inactif de profibrin-ferment. On sait que la présence d'un sel de chaux en état convenable (ionisé) est nécessaire à la formation du fibrin-ferment; de plus, nous avons démontré, M. A. Daumas et moi (1), que le calcium n'est pas nécessaire dans l'action du fibrin-ferment tout formé sur le fibrinogène. Son intervention est simplement favorisante dans cette seconde phase de la coagulation. Aussi le plasma de propeptone étendu de 2^{vol} d'une solution décalcifiante, au lieu d'eau distillée, coagule, tout en se prenant en masse avec un certain retard sur la dilution témoin.

De même, dans les trois cas suivants, le plasma de propeptone se comporte tout autrement que le plasma salé, et cette différence entraîne la même conviction, à savoir : dans le plasma de propeptone, le fibrin-ferment est parvenu à l'état actif.

I. La dilution du plasma de propeptone est suivie de coagulation avec un retard insignifiant à basse température (glacière à 5° environ) et avec une légère avance à l'étuve (37°) sur le temps que met à coaguler, à la température du laboratoire, un échantillon de ce même plasma étendu d'un nombre égal de volumes d'eau distillée. Au contraire, le plasma salé étendu, par exemple, de 4^{vol} d'eau distillée, coagule avec un retard important de 5 à 6 heures, à la glacière, et une avance considérable (plus de la moitié) à l'étuve vis-à-vis de l'échantillon témoin exposé à la température du laboratoire. Il est donc très sensible à l'influence de la température, tandis que le plasma de propeptone ne l'est guère.

II. Le plasma de propeptone étendu d'eau distillée dans des tubes paraffinés (paraffine fusible à 37°-38°), à la température de l'étuve, coagule avec un léger retard, alors que, dans ces mêmes conditions (même paraffine et même température), le plasma salé dilué demeure *indéfiniment* liquide. C'est là un exemple remarquable de l'influence inhibitrice de l'état lisse de la paroi sur la transformation du profibrin-ferment en fibrin-ferment actif.

---

(1) STASSANO et DAUMAS, *Du rôle double du calcium dans la coagulation du sang et de la lymphe* (*Comptes rendus*, 11 avril 1910).

III. Le pouvoir coagulant du plasma de propeptone, vis-à-vis de la sérosité péritonéale du cheval, *liqueur test*, est sensiblement plus fort au moment où il est étendu d'eau distillée qu'au moment où, 2 ou 3 heures après, débute sa coagulation. Par contre, des gouttes de plasma salé, prélevées au moment de la dilution et additionnées à de la sérosité péritonéale de cheval (3^{cm^3} par tube), y provoquent des coagulums plus tardifs et moins volumineux qu'un nombre égal de gouttes du même plasma salé, mais prélevées plus tard, au moment de la prise en caillot. Bordet et Gengou [1] ont les premiers attiré l'attention sur cette augmentation graduelle du pouvoir coagulant du plasma salé dilué, correspondant à la transformation progressive du profibrin-ferment en fibrin-ferment actif.

La manière, radicalement opposée, de se comporter du plasma de propeptone vis-à-vis du plasma salé dilué dans ces trois derniers cas, relève évidemment de l'état différent où le fibrin-ferment se trouve dans les deux plasmas au moment de la dilution. Dans le plasma salé il est, avant la dilution, à l'état inactif de profibrin-ferment; les faits que je viens de signaler permettent de croire qu'il doit être, par contre, à l'état de fibrin-ferment actif dans le plasma de propeptone, ainsi que le prouve la propriété que ce plasma possède de coaguler par dilution même en présence d'un sel décalcifiant. Je l'ai montré plus haut.

S'il en est ainsi, la substance anticoagulante que le foie déverse dans la circulation sous le stimulus de la propeptone, ne s'oppose pas à la formation du fibrin-ferment dans le sang extravasé. Il reste à voir si elle en détermine l'incoagubilité en empêchant le fibrin-ferment d'agir sur le fibrinogène ou en portant son action sur le fibrinogène lui-même.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur les résultats donnés par les ballons-sondes au nord du cercle polaire.* Note de M. **H. Maurice**, présentée par M. H. Deslandres.

M. Léon Teisserenc de Bort a communiqué à l'Académie, le 8 juillet 1907, les premiers résultats donnés par les ballons-sondes que M. H. Hildebrandsson et lui m'ont fait lancer la même année au nord du cercle polaire.

Depuis cette Communication, deux autres séries de lancers ont été faites au même lieu, en 1908 et en 1909; en outre, un certain nombre des ballons

(1) Bordet et Gengou, *Ann. Inst. Pasteur*, t. XVIII, 1904.

lancés en 1907 ont été retrouvés au cours des années suivantes. La maladie de M. Teisserenc de Bort l'a empêché de publier les résultats complets de ces expériences, résultats qui ne font d'ailleurs que confirmer les premiers et dont on trouvera ci-dessous un résumé succinct.

Les ballons ont tous été lancés à Kiruna, petite ville sise en Laponie suédoise, par 67° 50′ de latitude nord et 17° 54′ de longitude est de Paris, à une altitude de 500^{m} au-dessus du niveau de la mer.

Nous avons eu trois séries de lancers : du 4 mars au 1er avril 1907, du 16 février au 12 mars 1908 et du 17 au 29 août 1909. En tout, on a lancé 72 ballons dont 41 ont été retrouvés et 39 ont donné des résultats utilisables (15 de 1907, 16 de 1908 et 8 de 1909).

L'altitude maxima atteinte a été de 22 760^{m}, le 24 février 1908, et la température la plus basse observée a été de —75°,6, à 11 110^{m}, le 18 février 1908. Le Tableau suivant donne les résultats abrégés de quelques-uns des ballons retrouvés :

Date.	Température au sol.	à 5000^{m}.	à 10000^{m}.	à 15000^{m}.	à 20000^{m}.	minima.	Altitude de la température minima.	Altitude maxima.
	°	°	°			°	m	
14 mars 1907	—12,1	—29,4	—69,1	»	»	—69,8	10400	13420
26 mars 1907 (matin).	— 4,5	—14,8	—50,6	—53°,1	»	—56,7	11840	17990
26 mars 1907 (soir)...	+ 0,5	—25,4	—46,6	—40,7	»	—48,3	10190	18600
29 mars 1907	— 1,0	—20,9	—55,5	—45,2	—43°,6	—66,3	11740	22240
30 mars 1907	— 2,0	—18,7	—54,0	—60,8	»	—64,3	18650	18650
18 février 1908.......	— 7,9	—28,6	—67,0	»	»	—75,6	11110	12430
22 février 1908.......	—18,1	—23,6	—61,5	—65,7	—71,0 (1)	—71,0	19970	19970
24 février 1908.......	—14,2	—28,7	—58,6	—59,6	—66,4	—69,1	22760	22760
25 février 1908.......	—11,4	—27,5	—51,8	—52,8	»	—53,1	18510	18510
27 février 1908.......	—14,2	—32,3	»	»	»	—51,2	8820	9720
19 août 1909.........	+12,0	— 8,4	—41,4	—48,5	»	—62,9	12800	18850
23 août 1909.........	+11,0	— 6,7	—37,7	—48,2	»	—52,5	12680	18700
29 août 1909.........	+ 6,0	—21,4	—43,1	»	»	—46,1	8620	12250

En général, les ballons ont été retrouvés à l'est de Kiruna, montrant ainsi la prédominance des vents d'Ouest dans les couches supérieures, phénomène d'ailleurs conforme à la théorie du tourbillon polaire de Ferrel et déjà mis en évidence par les observations des nuages élevés, comme l'a montré M. H.-H. Hildebrandsson. Cependant les ballons lancés pendant les jours les plus froids, en hiver, sont toujours tombés assez près et souvent un peu à l'ouest de Kurina, ce qui prouve que, par hautes pressions, les vents supérieurs d'Ouest sont moins réguliers et moins forts.

Tous les ballons retrouvés montrent qu'à partir d'une certaine hauteur

(1) Température extrapolée.

le gradient vertical devient nul ou très faible et souvent négatif. Au-dessus de cette altitude, la température ne présente plus que de petites variations irrégulières, après un réchauffement fréquent.

Cette couche a été nommée *couche isotherme* ou *stratosphère* par M. Teisserenc de Bort qui a, le premier, démontré son existence dans la zone tempérée. Dans nos régions, cette couche se rencontre toujours à une altitude variant entre 7000^m et 12000^m, et sa température varie de -45° à -65° environ; dans les régions équatoriales, au contraire, elle n'a été atteinte que rarement et seulement vers 15000^m ou 17000^m avec des températures beaucoup plus basses (-85°).

Au nord du cercle polaire, l'altitude et la température de cette couche varient suivant les mêmes lois que dans les régions tempérées, c'est-à-dire que dans les aires de hautes pressions. La stratosphère se rencontre plus haut et est plus froide que dans les dépressions, comme l'a montré M. Teisserenc de Bort (voir *Comptes rendus*, séance du 1er mars 1909, p. 591).

En Laponie, les différentes séries de lancers n'ont pas montré de caractères saisonniers bien nets. Par exemple, bien que les lancers de 1908 aient été faits pendant une saison plus froide que ceux de 1907, les températures dans la haute atmosphère ne sont pas très différentes et les variations semblent dépendre de la situation météorologique plutôt que de la saison.

En été, les températures sont en général plus élevées à toutes les altitudes qu'en hiver, mais là encore, les différences sont petites par rapport à celles dues aux changements de la situation. Le gradient vertical de température est d'ailleurs plus grand en été qu'en hiver, ce qui fait que, en général, les différences entre les températures d'été et d'hiver tendent plutôt à s'atténuer avec la hauteur.

Si l'on compare les ballons lancés simultanément à Kiruna et à Trappes, on voit que les règles qui font varier l'altitude de la stratosphère s'appliquent aussi bien dans l'espace que dans le temps. Le 28 mars 1907, par exemple, Kiruna est dans les basses pressions et Trappes dans l'anticyclone; à 500^m, la température est de $+2^\circ,9$ à Kiruna et de $+5^\circ,5$ à Trappes; à 6000^m, ces températures sont respectivement, -29° et -17°, mais la couche isotherme se rencontre à 9800^m en Laponie avec une température de -49°, et en France, cette couche est à une altitude de 12000^m et une température de -65°, alors que, en Laponie, à ce niveau, on n'observe que -42°.

Les températures au niveau du sol sont naturellement beaucoup plus

basses en Laponie qu'à Trappes, mais ces différences s'atténuent en général avec la hauteur et les températures aux grandes altitudes ne sont pas beaucoup plus froides au nord du cercle polaire que dans la région de Paris; elles peuvent même quelquefois, comme dans l'exemple ci-dessus, être beaucoup plus chaudes.

En résumé, en comparant ces lancers et ceux faits dans les régions tempérées ou équatoriales, on arrive à ce résultat assez inattendu, qu'à une altitude très élevée (16000^{m}, par exemple) on observe des températures d'environ $-50°$ à $-60°$ dans les régions circumpolaires et tempérées et de $-80°$ sous l'équateur, de sorte que la distribution de la température suivant le méridien est inverse auprès du sol et aux grandes hauteurs, ce qui semble montrer que l'épaisseur des couches atmosphériques où se produisent des mouvements verticaux de l'air est beaucoup plus grande dans les régions équatoriales que partout ailleurs.

HYDROLOGIE. — *Sur l'étude des températures des eaux souterraines dans les captages pour l'alimentation publique.* Note de M. **E.-A. Martel**, présentée par M. L. De Launay.

A différentes reprises j'ai attiré l'attention (*Comptes rendus*, 12 mars 1894, 13 janvier 1896, etc.) sur l'importance pratique des variations saisonnières de température de certaines eaux souterraines. J'ai fait connaître que ces variations, beaucoup plus considérables qu'on ne l'affirmait il y a 20 ans, sont la conséquence d'une pénétration rapide des infiltrations superficielles et qu'elles coïncident en général, parmi les terrains fissurés et dans les régions habitées, avec les changements de débit, et avec la mise en jeu d'éléments de contaminations plus ou moins graves.

Bien que cette notion ne cesse d'être confirmée par les faits, et bien qu'elle fournisse un moyen des plus commodes de s'éclairer sûr l'origine et les pollutions des eaux de puits et d'émergences destinées à l'alimentation publique, on n'est pas parvenu jusqu'ici à faire apprécier à sa réelle valeur ce mode expérimental d'investigation. Et l'on voit encore trop souvent figurer, dans les ouvrages d'hydrologie et même dans des rapports scientifiques, cette opinion trop absolue que les eaux souterraines ont une température à peu près constante.

On persiste à tort à considérer comme une loi météorologique que la température de ces eaux est partout égale à la moyenne annuelle de la tem-

pérature du lieu. Il importe donc de révéler les nouveaux renseignements qui doivent définitivement faire abandonner le dogme suranné de la constance générale de température des eaux de puits et d'émergence. Ils sont fournis en grand nombre par les premiers dossiers adressés au Ministère de l'Agriculture pour l'inventaire des ressources hydrauliques du sous-sol de la France, récemment organisé par les soins de M. Dabat, directeur général des Eaux et Forêts, qui a bien voulu m'en confier le dépouillement.

Ainsi, dans le département de la Gironde, une profusion de sources montre des températures qui varient selon les saisons de 6° à 14°. Dans le Nord, les écarts de température saisonniers atteignent de 3° à 7° (6° ou 8° à 12° ou 13°C.); dans les arrondissements de Douai et de Cambrai, de nombreuses petites sources, à température d'ailleurs variable, présentent (par un phénomène absolument inexpliqué) une moyenne inférieure de 6° à 8° à la moyenne annuelle locale. A Cartignies, dans le canton d'Avesnes, une source était même à 5° le 14 décembre 1909 et à 16° en juin-juillet 1910, soit un écart de 11°.

Les observations de ce genre ne font que se multiplier. Elles s'appliquent même à des nappes d'eau alimentant les puits peu profonds. Le 17 janvier 1913, par exemple, le puits du Chemin-des-Laitiers, entre Montmorency et Andilly, derrière Soisy (Seine-et-Oise), marquait 8°,3 seulement sous une épaisseur de 4^m d'eau. Cet écart avec la moyenne annuelle de la région de Paris 10°,5 à 11° décelait nettement l'origine très superficielle et la contamination probable de l'eau qui l'alimentait.

La véritable loi hygiénique et météorologique à la fois des eaux souterraines, en terrains fissurés et habités, est donc la suivante :

« Elles varient, d'une saison à l'autre, aussi bien en température qu'en débit ; et elles présentent d'autant moins de chances de pureté que leur température et leur débit sont plus variables, parce que leur degré de filtrage est fonction de leur vitesse de transmission. »

Il y a là une vérité certaine qui, combinée avec les observations géologiques, doit trouver la plus sérieuse et utile application dans l'étude des projets de captage d'eau potable. Et il faut nécessairement reconnaître que la fixité de température n'existe dans les eaux souterraines (les griffons thermo-minéraux mis à part) que parmi les *véritables nappes continues* des sables et terrains finement détritiques (possédant seuls des sources normales et constantes), les nappes captives et les nappes artésiennes, *géothermiquement équilibrées* tant par la profondeur de leur gisement que par la lenteur et la régularité de leur alimentation.

M. **Jean Despis** adresse un Mémoire relatif à une *Hélice aérienne*.

M. **Joseph Rodet** adresse une Note intitulée : *Stabilisation automatique de l'aéroplane par le pendule*.

(Renvoi à la Commission d'Aéronautique.)

M. **Paul Schwartz** adresse une Note relative à des *Procédés particuliers de réception par télégraphie sans fil*.

Une Note de M. **Roussy**, intitulée : *Théorie mathématique de la loi géométrique de la surface du corps humain de dimensions quelconques*, présentée dans la séance précédente, est renvoyée à l'examen d'une Commission composée de MM. *Humbert* et *Hadamard*.

La séance est levée à 4 heures et demie.

Ph. v. T.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 24 février 1913.

Lettres écrites pendant la Campagne de 1870-1871, par Georges-Henri Halphen, officier d'artillerie. Paris, imp. R. Hermjeu, 1912; 1 fasc. in-8°. Exemplaire n° 98. (Présenté par M. Darboux. Hommage de la famille.)

Biologische Untersuchungen, von Gustav Retzius; neue Folge XVII, mit 16 Tafeln. Stockholm et Iéna, 1912; 1 vol. in-f°. (Hommage de l'auteur.)

Journal of the Academy of natural Sciences of Philadelphia: second series, t. XV; published in *Commemoration of the one hundreth anniversary of the founding of the Academy, march* 21, 1912; 1812-1912. Philadelphie, 1912; 1 vol. in-f°. (Présenté par M. Darboux.)

Traité de la couleur au point de vue physique, physiologique et esthétique, comprenant l'exposé de l'état actuel de la question de l'harmonie des couleurs, par

M. A. Rosenstiehl; avec 56 figures et 14 planches coloriées. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1913; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Lippmann.)

Beiträge zur Geschichte der niedersächsischen Familie Roscher : 1° Lebenslauf des Dr Albrecht Roscher, von Heinrich Roscher. — 2° Albrecht Roscher : *Die Erforschung des Nigerstromes.* Hambourg, L. Friederischen et Cie, 1912; 1 vol. in-8°. (Transmis par M. le Ministre des Colonies. Hommage de M. H. Roscher.)

Supplément à la Notice sur les travaux scientifiques de M. André Blondel. Paris, Gauthier-Villars, 1913; 1 fasc. in-4°.

L'ingénieur Pierre Vernier à Dôle, par M. Julien Feuvrier; Communication faite au Congrès de l'*Association franc-comtoise*, le 1er août 1912, à Ornans. (Extr. du *Bulletin de l'Académie de Besançon*, 4e trimestre 1912.) Besançon, imp. Jacques et Demontrond; 1 fasc. in-8°.

La structure de l'Univers déduite des grandes lois de la nature, par D. Brisset. Paris, autographie Me Blanc, s. d.; 1 fasc. in-8°.

M. Louis Favre, ingénieur agronome, fait hommage des cinq Opuscules suivants :

Projet d'organisation de la Science, par Louis Favre. Paris, Schleicher frères, 1899; 1 fasc. in-12.

Le hasard. Le déterminisme; communication faite à la Sociologie de Paris, 13 mars 1912, par Louis Favre. (Extr. de la *Revue internationale de Sociologie.*) Paris, M. Giard et E. Brière, 1912; 1 fasc. in-8°.

Pourquoi il faut étudier les phénomènes psychiques. L'Esprit scientifique, par Louis Favre. (Extr. du *Bulletin de l'Institut général psychologique*, nos 5-6, 2e année, 1911. Paris; 1 fasc. in-8°.

Influence de l'orientation sur l'activité animale, par M. L. Favre. (Extr. du *Bulletin de l'Institut général psychologique*, nos 5-6, 11e année, 1911.) Paris, 1 fasc. in-8°.

La baguette dite divinatoire et l'expérimentation, par M. L. Favre. (*Institut général psychologique :* Section des recherches psychiques et physiologiques. Extr. du *Bulletin* n° 2, 9e année, 1909.) Paris; 1 fasc. in-8°.

(Renvoi de ces cinq Opuscules à la Commission nommée pour examiner cette question.)

Annales scientifiques de l'École normale supérieure; 3e série, t. XXX, année 1913, n° 1, janvier. Paris, Gauthier-Villars; 1 fasc. in-8°.

Annales de la Société d'Émulation du département des Vosges; 88e année, 1912. Épinal, Ch. Hugenin; 1 vol. in-8°.

Ouvrages reçus dans la séance du 3 mars 1913.

Institut de France. Académie des Sciences. *Rapport sur les inconvénients que pourrait causer aux appareils des Postes et Télégraphes le voisinage de certains paratonnerres spéciaux dits « niagaras »*, par M. Jules Violle. (Extr. des *Comptes rendus*, séance du 17 février 1913.) Paris, Gauthier-Villars; 1 fasc. in-4°.

Annales de l'Observatoire de Paris, publiées sous la direction de M. BAILLAUD, Directeur de l'Observatoire : *Observations*. 1906. Paris, Gauthier-Villars, 1912; 1 vol. in-4°. (Hommage de M. B. Baillaud.)

Observatoire royal de Belgique. Service astronomique. *Description des installations du Service de l'Heure*, par H. PHILIPPOT et E. DELPORTE. Bruxelles, Hayez, 1912; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Ph. van Tieghem.)

Muséum d'Histoire naturelle de Genève. *Catalogue illustré de la Collection Lamarck;* 2e livraison (18 planches). Genève, Georg et Cie, 1912; 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. Ph. van Tieghem.)

Skrifter of Carl von Linné, utgifna af Kungl. svenska Vetenskapsakademien. V. *Iter Lapponicum*, andra upplagan med bilagor och Noter ombesörjd af TH. M. FRIES. Upsal, Almqvist et Wiksell, 1913; 1 vol. in-8°.

La radiographie des objets microscopiques et la microradiographie, par PIERRE GOBY (à Grasse); 5 pl. photos. (Présenté par M. Bouvier.)

Notice sommaire sur les travaux scientifiques du Dr A. CHANTEMESSE. Paris, Octave Doin et fils, 1911; 1 fasc. in-4°.

Notice sommaire sur les travaux scientifiques de M. A. DE GRAMONT. Paris, Gauthier-Villars, 1910; 1 fasc. in-4°.

Notice sur les travaux scientifiques de M. AUGUSTE ROSENSTIEHL. Paris, Gauthier-Villars, 1913; 1 fasc. in-4°.

La fixation des Unités par voie législative, par R. DE BAILLEHACHE. (Extr. de la *Revue générale des Sciences;* numéro du 15 janvier 1913.) Paris, Armand Colin; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Flora of the Upper Gangetic Plain and of the adjacent Sivalik and Sub-Himalayan tracts, by J.-F. DUTHIE; t. II : *Plumbaginaceæ to Plantaginaceæ*. Calcutta, 1911; 1 vol. in-12.

Paleo-Antropologia Argentina. Nuevas investigaciones sobre el Atlas de monte Hermoso, por TEODORO DE URQUIZA. La Plata, 1912; 1 vol. in-8°.

Observatoire royal de Belgique, à Uccle. *Carte photographique du ciel*. Planches :

Planches.	Zones.	Numéros.	Planches.	Zones.	Numéros.
21.........	33°	160	31.........	33°	34
22.........	33°	2	32.........	33°	52
23.........	35°	1	33.........	35°	47
24.........	35°	12	34.........	33°	46
25.........	33°	13	35.........	33°	56
26.........	33°	150	36.........	35°	46
27.........	33°	7	37.........	35°	55
28.........	33°	5	38.........	33°	61
29.........	33°	25	39.........	33°	70
30.........	33°	37	40.........	33°	65

Observaciones sobre el metodo crioscópico y relaciones entre los cuerpos simples, por CARLOS E. HEREDIA. Buenos-Ayres, s. d.; 1 vol. in-8°.

Cours de Mécanique rationnelle. Tome II : *Dynamique du point*, par S. PETROVITCH. Saint-Pétersbourg, 1912; 1 vol. in-8°.

Sur la rotation des forces autour de leurs points d'application et l'équilibre astatique, par FERNANDO DE VASCONCELLOS. Coïmbre, 1912; 1 fasc. in-8°.

La migraine, par EDWARD FLATAU. (Publication de la Société scientifique de Varsovie. III. Classe des Sciences mathématiques et naturelles.) Varsovie, E. Wende, 1912; 1 vol. in-8°.

Annexe au *Bulletin de l'Institut technologique de l'Empereur Nicolas II*, de Tomsk : *Pays de frontières*, par V.-A. OBROUTCHEF. Tome I : *Observations de voyage;* 1re partie. Tomsk, 1912; 1 vol. in-8°. (En langue russe.)

Rendiconti del Circolo matematico di Palermo; t. XXXV, fasc. 1, gennajo-febbrajo, 1913. Palerme; 1 vol. in-8°.

Institut international d'Agriculture. *Bulletin mensuel des renseignements agricoles et des maladies des plantes;* année IV, nos 1 et 2, janvier-février 1913. Rome; 2 fasc. in-8°.

L'Ospedale Maggiore, Revista mensile illustrata; serie II, anno I, n° 1, gennaio 1913. Milan; 1 fasc. in-4°.

Revista da Universidade de Coimbra; t. I, n° 4. Coïmbre, 1912; 1 vol. in-4°.

Memoirs of the department of Agriculture in India. Bacteriological series, t. I, n° 1 : *Studies in bacteriological analysis of Indian soils*, 1910-1911, by C. M. HUTCHINSON. Colcuta, 1912; 1 fasc. in-8°.

The physical Review, a journal of experimental and theorical Physics, conducted by the American Physical Society; second series, t. I, numb. 1, january 1913. Lancaster, Pa.; 1 fasc. in-8°.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 MARS 1913.

PRÉSIDENCE DE M. P. APPELL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. Appell s'exprime en ces termes :

Messieurs,

Notre Académie est cruellement atteinte par la mort de M. *Alfred Picard*, qui met la France entière en deuil. Notre confrère a été un grand citoyen, un grand français, un savant à la fois ingénieur et administrateur; il a consacré ses efforts au service de la patrie, dans tous les domaines des applications scientifiques. Son nom, connu de tous les français, évoque le souvenir d'un homme simple et réservé, joignant, à une haute autorité scientifique, une droiture morale parfaite, un esprit encyclopédique admirablement ordonné, une méthode d'action silencieuse et pénétrante, une prodigieuse puissance de travail.

Notre époque a connu toutes les variétés de l'ingénieur; les grands spécialistes n'ont manqué dans aucune direction. Plus rares ont été les esprits privilégiés qui ont pu s'élever au-dessus de la spécialité et qui, sans renoncer à la profession d'ingénieur, sans cesser de s'en inspirer, ont su appliquer les procédés scientifiques qu'elle leur a rendus familiers à des sujets, à des problèmes, à des fonctions d'ordre général. M. Alfred Picard a été un de ces privilégiés. Sa vie peut être résumée comme l'application des méthodes scientifiques aux grandes questions qui intéressent la nation : d'abord et avant tout la défense nationale, puis toutes les variétés

de l'activité humaine, voies de communications, transports, questions industrielles, commerciales et administratives. C'est ainsi que nous le voyons successivement, jeune ingénieur des Ponts et Chaussées, sorti de l'École Polytechnique, prenant part à la défense de Metz, puis dirigeant les travaux de reconstitution et de défense de notre frontière mutilée; collaborateur dans la conception et l'exécution d'une partie du grand plan de travaux publics dû à la haute initiative de M. de Freycinet, chargé de directions diverses au Ministère des Travaux publics, Rapporteur général de l'Exposition universelle de 1889, Commissaire général de celle de 1900, Membre de notre Académie, Ministre de la Marine, Président du Conseil d'État; et toujours, dans toutes ces situations, travaillant au bien général du pays, avec la même méthode pénétrante et continue, la même élévation de caractère, la même horreur de toute réclame.

Ce n'est pas ici le lieu d'analyser ses travaux, ni de parler avec détail de son rapport en dix volumes sur l'Exposition de 1889 et de sa publication en six volumes, *Le bilan d'un siècle*, après l'Exposition de 1900 : ces deux Ouvrages, fruits d'un travail surhumain, attestent une connaissance approfondie de toutes les parties de la Science; je ne pourrais en énumérer les Chapitres, sans nommer successivement toutes les Sections de l'Académie.

M. Alfred Picard était assidu à nos séances; il s'associait à tous nos travaux : récemment encore il s'occupa activement du projet de création d'une Section de membres non résidents; l'exposé qu'il fit en comité secret entraîna la décision de l'Académie.

Mes chers Confrères, la mort de M. Alfred Picard met en deuil les cœurs français; elle sera aussi douloureusement ressentie à Strasbourg, sa ville natale, où tant de cœurs fidèles et sûrs suivent attentivement notre vie et prennent part à tous nos efforts comme à tous nos deuils.

La séance est levée en signe de deuil.

ANALYSE MATHÉMATIQUE — *Sur une classe particulière d'équations de M. Moutard.* Note de M. C. GUICHARD.

Je me propose de rechercher les équations de la forme

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial u \, \partial v} = M\theta,$$

admettant six solutions $\theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_6$ satisfaisant aux conditions

$$(1)\quad \sum \theta_i^2 = 1,\quad \sum\left(\frac{\partial\theta_i}{\partial u}\right)^2 = 0,\quad \sum\left(\frac{\partial^2\theta_i}{\partial u^2}\right)^2 = 0,\quad \sum\left(\frac{\partial\theta_i}{\partial v}\right)^2 = 0,\quad \sum\left(\frac{\partial^2\theta_i}{\partial v^2}\right)^2 = 0.$$

Je suis arrivé à mettre la solution sous la forme suivante : je considère un déterminant

$$\Delta = \begin{vmatrix} x_1 & \ldots & x_6 \\ y_1 & \ldots & y_6 \\ \xi_1 & \ldots & \xi_6 \\ \eta_1 & \ldots & \eta_6 \\ \xi'_1 & \ldots & \xi'_6 \\ \eta'_1 & \ldots & \eta'_6 \end{vmatrix}$$

tel qu'entre les éléments existent les relations

$$(2)\quad \left\{\begin{array}{llllll} \Sigma x_i^2 = 1, & \Sigma x_i y_i = 0, & \Sigma x_i \xi_i = 0, & \Sigma x_i \eta_i = 0, & \Sigma x_i \xi'_i = 0, & \Sigma x_i \eta'_i = 0, \\ & \Sigma y_i^2 = 1, & \Sigma y_i \xi_i = 0, & \Sigma y_i \eta_i = 0, & \Sigma y_i \xi'_i = 0, & \Sigma y_i \eta'_i = 0, \\ & & \Sigma \xi_i^2 = 0, & \Sigma \xi_i \eta_i = 1, & \Sigma \xi_i \xi'_i = 0, & \Sigma \xi_i \eta'_i = 0, \\ & & & \Sigma \eta_i^2 = 0, & \Sigma \eta_i \xi'_i = 0, & \Sigma \eta_i \eta'_i = 0, \\ & & & & \Sigma \xi'^2_i = 0, & \Sigma \xi'_i \eta'_i = 1, \\ & & & & & \Sigma \eta'^2_i = 0. \end{array}\right.$$

Les éléments du déterminant Δ sont des fonctions de u et v et je suppose qu'on ait

$$(3)\quad \left\{\begin{array}{ll} \dfrac{\partial x_i}{\partial u} = e^{\varphi}\xi_i, & \dfrac{\partial y_i}{\partial u} = e^{\psi}\xi'_i, \\ \dfrac{\partial x_i}{\partial v} = e^{\varphi}\eta_i, & \dfrac{\partial y_i}{\partial v} = e^{\psi}\eta'_i, \\ \dfrac{\partial \xi_i}{\partial u} = \dfrac{\partial\varphi}{\partial u}\xi_i + \lambda e^{-\varphi-\psi}\eta'_i, & \dfrac{\partial \eta_i}{\partial u} = -\dfrac{\partial\varphi}{\partial u}\eta_i - e^{\varphi}x_i, \\ \dfrac{\partial \xi_i}{\partial v} = -\dfrac{\partial\varphi}{\partial v}\xi_i - e^{\varphi}x_i, & \dfrac{\partial \eta_i}{\partial v} = \dfrac{\partial\varphi}{\partial v}\eta_i + \dfrac{1}{\lambda}e^{-\varphi-\psi}\xi'_i, \\ \dfrac{\partial \xi'_i}{\partial u} = \dfrac{\partial\psi}{\partial u}\xi'_i - \lambda e^{-\varphi-\psi}\eta_i, & \dfrac{\partial \eta'_i}{\partial u} = -\dfrac{\partial\psi}{\partial u}\eta'_i - e^{\psi}y_i, \\ \dfrac{\partial \xi'_i}{\partial v} = -\dfrac{\partial\psi}{\partial v}\xi'_i - e^{\psi}y_i, & \dfrac{\partial \eta'_i}{\partial v} = \dfrac{\partial\psi}{\partial v}\eta'_i - \dfrac{1}{\lambda}e^{-\varphi-\psi}\xi_i, \end{array}\right.$$

où λ est une constante, φ et ψ des fonctions de u et v. On voit d'abord que les équations (3) satisfont à toutes les relations différentielles qui se déduisent des équations (2). Si, de plus, on écrit que les deux valeurs de $\dfrac{\partial^2\chi}{\partial u\,\partial v}$ (χ étant un élément quelconque) qu'on en déduit sont identiques,

on obtient les deux conditions

$$(4)\quad \begin{cases} 2\dfrac{\partial^2\varphi}{\partial u\,\partial v}+e^{2\varphi}-e^{-2\varphi-2\psi}=0, \\ 2\dfrac{\partial^2\psi}{\partial u\,\partial v}+e^{2\psi}-e^{-2\varphi-2\psi}=0. \end{cases}$$

Si φ et ψ sont solutions des équations (4), les équations (3) forment un système complet pour déterminer les éléments de Δ. On vérifie facilement qu'on a

$$(5)\quad \frac{\partial^2 x_i}{\partial u\,\partial v}=-e^{2\varphi}x_i$$

et

$$\sum x_i^2=1,\quad \sum\left(\frac{\partial x_i}{\partial u}\right)^2=0,\quad \sum\left(\frac{\partial^2 x_i}{\partial u^2}\right)^2=0,\quad \sum\left(\frac{\partial x_i}{\partial v}\right)^2=0,\quad \sum\left(\frac{\partial^2 x_i}{\partial v^2}\right)^2=0.$$

On a de même

$$(6)\quad \frac{\partial^2 y_i}{\partial u\,\partial v}=-e^{2\psi}y_i$$

et

$$\sum y_i^2=1,\quad \sum\left(\frac{\partial y_i}{\partial u}\right)^2=0,\quad \sum\left(\frac{\partial^2 y_i}{\partial u^2}\right)^2=0,\quad \sum\left(\frac{\partial y_i}{\partial v}\right)^2=0,\quad \sum\left(\frac{\partial^2 y_i}{\partial v^2}\right)^2=0.$$

Il en résulte qu'à chaque valeur de la constante λ on peut faire correspondre un groupe de solutions x_i de l'équation (5) possédant les propriétés demandées : même conclusion pour l'équation (6).

La principale difficulté du problème réside dans l'intégration du système (4). On en voit tout de suite des solutions particulières. Si l'on suppose $\varphi=\psi$ on est ramené à l'intégration de l'équation du second ordre

$$2\frac{\partial^2\varphi}{\partial u\,\partial v}+e^{2\varphi}-e^{-4\varphi}=0.$$

Si l'on suppose de plus que φ est une fonction de $u+v$, on est ramené à l'équation différentielle

$$2\varphi''+e^{2\varphi}-e^{-4\varphi}=0$$

qui s'intègre à l'aide de fonctions elliptiques.

Propriétés géométriques. — Les formules qui donnent $\frac{\partial\xi_i}{\partial u}$ et $\frac{\partial\eta'_i}{\partial v}$ montrent qu'il existe, dans l'espace à six dimensions, un réseau A dont la première tangente a pour paramètres les quantités η'_i et la seconde les quantités ξ_i.

Ce réseau A est un réseau N (réseau dont le ds^2 est nul). Soient AB la première tangente de ce réseau, AC la seconde; B et C les réseaux qui se déduisent de A par la méthode de Laplace; BR et CS les autres tangentes aux réseaux B et C; les droites AB, AC, BR, CS ont respectivement pour paramètres directeurs les quantités η', ξ, y, x.

On peut former de même un système $A_1 B_1 C_1 R_1 S_1$ dans lequel A_1 est un réseau N_1, et tel que les droites A_1B_1, A_1C_1, B_1R_1, C_1S_1 aient respectivement pour paramètres directeurs η, ξ', x, y.

Cela posé, je projette sur l'espace à cinq dimensions, c'est-à-dire que je supprime une coordonnée, par exemple la sixième; je désignerai par des lettres accentuées les projections sur l'espace à cinq dimensions.

Le point A′ décrit un réseau I. La théorie des systèmes de cercles et de sphères y fait correspondre un point a' qui décrit dans l'espace ordinaire un réseau de lignes de courbure. Les coordonnées pentasphériques de la première sphère osculatrice aux lignes de courbure de a' sont les paramètres de B′R′, c'est-à-dire $y_1, y_2, \ldots, y_5$; celles de la seconde sphère osculatrice sont $x_1, x_2, \ldots, x_5$.

De même, au point A'_1 correspond, dans l'espace ordinaire, un point a'_1 qui décrit un réseau de lignes de courbures; la première sphère osculatrice de a'_1 a pour coordonnées $x_1, x_2, \ldots, x_5$; la seconde $y_1, y_2, \ldots, y_5$, donc :

Les surfaces a' et a'_1 se correspondent avec conservation des lignes de courbure; la sphère osculatrice à la première ligne de courbure de l'une des surfaces coïncide avec la sphère osculatrice à la seconde ligne de courbure de l'autre.

Cette propriété est une propriété caractéristique des systèmes considérés.

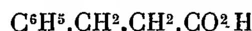
CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation directe des éthers hydrocinnamiques : préparation de l'acide β-cyclohexylpropionique.* Note de MM. **Paul Sabatier** et **M. Murat.**

Dans une précédente Communication nous avons fait connaître que la méthode d'hydrogénation directe sur le nickel peut être appliquée avec succès aux éthers de l'acide phénylacétique, qui sont ainsi transformés régulièrement en éthers de l'acide cyclohexylacétique (¹).

Nous avons pu de même réaliser l'hydrogénation directe des éthers que

(¹) Paul Sabatier et M. Murat, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 424.

l'*acide β-phénylpropionique*, ou *acide hydrocinnamique*,



$C^6H^5.CH^2.CH^2.CO^2H$

fournit avec les alcools primaires forméniques.

En opérant avec un nickel actif, à des températures maintenues entre 170° et 185°, on obtient une transformation totale de ces éthers en éthers correspondants de l'*acide β-cyclohexylpropionique*, $C^6H^{11}.CH^2.CH^2.CO^2H$, absolument purs, qui, traités à froid par le mélange sulfonitrique, ne subissent aucune attaque immédiate.

Quand on élève jusqu'à 200° la température du nickel, les résultats deviennent mauvais : l'hydrogénation conduit à une séparation d'alcool et d'acide, lequel attaque le nickel et ne tarde pas à supprimer toute son activité catalytique.

Les éthers de l'acide hydrocinnamique ont été préparés facilement par la méthode de Em. Fischer, en chauffant pendant quelque temps l'acide avec un excès de l'alcool en présence de quelques centièmes d'acide sulfurique concentré.

Le *cyclohexylpropionate de méthyle* bout à 222°-224 (corr.). Nous avons trouvé $d_0^0 = 0,9705$, et à la température de 16°, $d_0^{16} = 0,9603$, avec $n_D = 1,453$: on en déduit comme pouvoir réfringent $R_D = 47,81$ (calculé 47,89).

Le *cyclohexylpropionate d'éthyle* bout à 231° (corr.). Nous avons trouvé $d_0^0 = 0,9512$, et à 17°, $d_0^{17} = 0,9383$, avec $n_D = 1,452$; d'où $R_D = 52,7$ (calculé 52,5).

Le *cyclohexylpropionate de propyle* bout à 251°-252° (corr.). Nous avons trouvé $d_0^0 = 0,9467$, et à 15°, $d_0^{15} = 0,9322$ avec $n_D = 1,455$; d'où $R_D = 57,3$ (calculé 57,1).

Le *cyclohexylpropionate d'isobutyle* bout à 260° (corr.). Nous avons trouvé $d_0^0 = 0,9368$; et à 15°, $d_0^{15} = 0,9281$, avec $n_D = 1,456$, d'où $R_D = 61,9$ (calculé 61,7).

Aucun de ces éthers de l'acide β-cyclohexylpropionique n'avait été obtenu jusqu'à présent. On remarquera que, de même que pour les éthers cyclohexylacétiques, les densités décroissent régulièrement au fur et à mesure que la chaîne alcoolique s'allonge, tandis que les indices de réfraction demeurent à peu près invariables. C'est ce que montre bien le Tableau suivant :

Nature de l'éther.	d_0^0.	Indices vers 16°.
Méthylique..............	0,9705	1,453
Éthylique................	0,9512	1,452
Propylique...............	0,9467	1,455
Isobutylique.............	0,9368	1,456

Tous ces éthers sont facilement saponifiés, quand on les chauffe avec de la potasse alcoolique. En traitant par l'acide sulfurique dilué le cyclohexylpropionate de potassium ainsi formé, on met en liberté l'acide qui est aisément isolé à l'état de pureté.

L'acide β-cyclohexylpropionique $C^6H^{11}.CH^2.CH^2.CO^2H$ est ainsi obtenu sous forme d'un liquide incolore, d'odeur peu agréable spéciale, qui bout à 268° (corr.) et se solidifie dans la glace fondante en cristaux blancs qui fondent à 6°.

Nous avons trouvé à 16°: $d_0^{16} = 1,0069$, avec $n_D = 1,470$; d'où $R_D = 43,22$ (calculé 43,13).

Par action de l'ammoniaque sur l'éther méthylique de cet acide, on obtient la *β-cyclohexylpropionamide* $C^6H^{12}.CH^2.CH^2.CO.NH^2$, en cristaux rectangulaires transparents qui fondent à 123°.

L'acide β-cyclohexylpropionique avait été isolé selon une autre voie par Zélinsky, qui avait indiqué seulement son point d'ébullition sous pression réduite, et avait donné 120° comme point de fusion de l'amide (¹).

Ipatieff, qui était arrivé au même acide par hydrogénation du cinnamate de sodium par le nickel à 300° dans l'hydrogène comprimé à 109^{atm}, a indiqué qu'il se solidifie dans la glace, et qu'il bout à 275°, température qui était certainement trop haute (²).

On voit que l'hydrogénation directe régulière des éthers hydrocinnamiques à 180° sur le nickel, fournit un moyen pratique très commode pour atteindre l'acide β-cyclohexylpropionique, qui peut être ainsi préparé en grande quantité.

(¹) Zélinsky, *Ber. Chem. Gesell.*, t. XLI, 1908, p. 2676.

(²) Ipatieff, *Ber. Chem. Gesell.*, t. XLII, 1909, p. 2092.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la sécrétion des deux reins, comparée.* Note de MM. **R. Lépine** et **Boulud**.

On a maintes fois agité la question de savoir si la sécrétion rénale se fait des deux côtés simultanément de même ([1]).

Chez un chien (de préférence chez une chienne), après une petite incision sur la ligne médiane, nous avons introduit, près de la vessie, une canule dans chaque uretère et nous avons pris soin que l'écoulement de l'urine (sollicité par de petites injections intraveineuses d'eau sucrée) se fit *tout à fait librement* ([2]). Or, dans 12 expériences, nous avons constaté que l'urine ne coulait pas en même quantité des deux côtés et, ce qui est plus important, qu'elle ne présentait pas la même composition. Nous avons fait durer nos expériences plusieurs heures, dans le but de nous mettre à l'abri des variations accidentelles; mais nos résultats sont calculés pour une heure.

Voici, comme exemple, un cas très ordinaire : aussitôt après l'injection intraveineuse de 10g de glucose, on recueille l'urine pendant plus de 2 heures :

Chien 2905.

	Côté gauche.	Côté droit.	Valeurs de la dernière colonne en supposant que celles de la première égalent 100.
Quantité	13^{cm^3}	9^{cm^3}	69
Urée	$0^g,4329$	$0^g,3321$	76
Sucre	0,637	0,5148	80
Chlorures	0,072	0,030	42

Vu le poids du chien (20^{kg}), la quantité d'urine à droite est un peu faible : relativement à celle du côté gauche, elle n'est que de 69 pour 100. Les chlorures, à droite, sont encore plus diminués, leur pourcentage n'at-

([1]) Pour l'homme, la solution de cette question intéresse les urologistes qui font la séparation des urines. D'après Allard, qui a observé un sujet atteint d'exstrophie de la vessie, la sécrétion, dans le décubitus latéral, serait plus abondante dans le rein le plus bas.

([2]) Cette condition essentielle est parfois difficile à remplir, ou au moins nécessite une grande surveillance, car le décubitus sur le dos n'étant pas normal pour un chien, il peut se produire dans l'abdomen de petites compressions ou tiraillements d'un uretère qui peuvent gêner l'écoulement de l'urine.

teignant que 42. Au contraire, la diminution du pourcentage est moindre pour le sucre, *injecté en assez grande quantité*, et aussi pour l'urée (76).

Voici un autre cas :

CHIEN 2926.

	Côté droit.	Côté gauche.	Valeurs de la dernière colonne en supposant que celles de la première égalent 100.
Quantité........	45cm³	26cm³	58
Urée............	1g,062	0g,931	89
Sucre...........	0,328	0,27	82
Chlorures.......	0,594	0,39	65

Dans ce cas, on avait injecté beaucoup de chlorure de sodium ; c'est pourquoi le pourcentage des chlorures à gauche (65) est plus grand que celui de l'eau (58). La diurèse est excessive des deux côtés, surtout à droite. A gauche, relativement au sucre et aux chlorures, l'urée est assez bien éliminée (89).

Ce n'est pas à la diurèse, excessive d'un côté, qu'il faut exclusivement attribuer la différence qu'on observe entre les deux côtés ; car nous avons rencontré des cas où elle existe *sans diurèse exagérée ;* mais il n'est pas niable qu'une trop grande diurèse d'un côté peut créer en partie cette différence. C'est ce qu'on voit dans le cas suivant :

CHIEN 2900.

	Côté droit.	Côté gauche.	Valeurs de la dernière colonne en supposant que celles de la première égalent 100.
Quantité........	22cm³	11cm³	50
Urée............	0g,27	0g,16	59,2
Azote total......	0,152	0,0902	59,3
Sucre...........	0,3058	0,275	90
Chlorure........	0,22	0,0726	33

A gauche, le pourcentage de l'urée et celui de l'azote total sont identiques (59). En calculant le coefficient azoturique, on le trouve *des deux côtés* le même (82), chiffre normal, tandis que dans les maladies du rein ce coefficient est sensiblement abaissé (¹). L'identité de ce quotient des deux

(¹) BOULUD, *Lyon médical*, 29 septembre 1912.

côtés est à noter dans le cas présent, où d'un côté les matières azotées sont excrétées en quantité beaucoup plus considérable. Nous l'avons remarquée aussi dans plusieurs autres cas plus ou moins analogues au précédent et qu'il est inutile de rapporter ici. Dans ces cas, le coefficient était aussi normal, c'est-à-dire supérieur à 80, tandis que, chez un chien très vieux, le coefficient azoturique, semblable des deux côtés, était anormalement bas (62), ce qui indiquait une lésion plus ou moins accusée des reins, comme on en voit si souvent chez les vieux chiens.

En résumé, chez le chien sain, dans le décubitus dorsal, l'un des uretères fournit généralement une urine moins abondante que l'autre et, le plus souvent, beaucoup moins riche en chlorures, tandis que, sauf dans des cas exceptionnels, l'urée est bien moins diminuée. En tout cas, le coefficient azoturique est le même des deux côtés.

Quant au sucre, nous avons trouvé dans nos expériences (où il était injecté assez largement dans le sang) que son pourcentage, relativement à l'autre côté, était plus élevé que celui des chlorures.

Les différences sus-indiquées entre les deux côtés sont dues sans doute, en partie, à une activité sécrétoire différente des deux reins; mais, selon nous, elles s'expliquent *surtout* par des différences dans la résorption des divers éléments de l'urine dans les reins. Les éléments excrémentitiels ne sont pas résorbés. Aussi, l'urée diffère-t-elle moins entre les deux côtés que l'eau et les chlorures ([1]).

On a, jusqu'ici, trop peu tenu compte de la résorption dans le rein. Nous y avons déjà insisté dans notre Note du 24 juin 1912, et nous y reviendrons dans une Note ultérieure.

M. **Vito Volterra** fait hommage à l'Académie de ses *Leçons sur les équations intégrales et les équations intégro-différentielles*.

M. **W. Kilian** fait hommage à l'Académie d'un fascicule relatif au *Paléocrétacé*, qu'il vient de publier dans les *Lethæa geognostica*.

([1]) Si, dans nos expériences ci-dessus, le pourcentage du sucre, du côté où la sécrétion est la moindre, est parfois plus élevé que celui de l'urée, c'est que l'abondance de l'élimination des deux côtés masque les différences de la résorption.

NOMINATIONS.

Le **Président** et le **Comité exécutif du douzième Congrès géologique international** prient l'Académie des Sciences de leur faire l'honneur d'envoyer une délégation à la Session qui se tiendra au Canada au mois d'août 1913.

M. **Termier** est désigné pour représenter l'Académie à ce Congrès.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Notice sur Henri Poincaré*, par Ernest Lebon.

2° *Carte du Maroc*, dressée sous la direction de Henry Barrère. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

M. **Ph. Barbier**, élu Correspondant pour la Section de Chimie, adresse des remercîments à l'Académie.

M. **Paul Pallary** adresse un Rapport sur la mission qu'il vient d'effectuer dans le sud du Maroc, grâce à la subvention qui lui a été accordée sur le *Fonds Bonaparte* en 1912.

M. le **Secrétaire perpétuel de l'Académie impériale des Sciences de Saint-Pétersbourg** fait savoir à l'Académie que l'Assemblée générale de l'Association internationale des Académies a été fixée pour le terme du 11 mai/23 avril au 17/4 mai 1913 et l'invite à vouloir bien y envoyer ses Délégués.

MM. **Monteil**, **Émile Rivière** prient l'Académie de vouloir bien les compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section des Académiciens libres, par le décès de M. *Teisserenc de Bort*.

ASTRONOMIE. — *Résultats de la discussion des observations faites par MM. Delporte et Viennet, pour déterminer par la télégraphie sans fil la différence de longitude entre l'Observatoire royal de Belgique et l'Observatoire de Paris.* Note [1] de M. **Henri Renan**, présentée par M. Baillaud.

Comme nous avons déjà eu l'occasion de l'exposer [2], l'emploi de la télégraphie sans fil permet une très grande simplicité dans les appareils de mesure de longitudes.

Une détermination aussi importante que celle de l'angle des méridiens fondamentaux de Paris et d'Uccle nous a cependant paru une occasion favorable pour comparer la méthode de télégraphie ordinaire avec celle de télégraphie sans fil, et cela nous a forcément amenés à modifier un peu les procédés employés. Après entente entre les directeurs des deux observatoires, le chef de Service des Longitudes à l'Observatoire de Paris a été chargé d'étudier et de réaliser la transformation des appareils. En premier lieu, nous avons considérablement simplifié la table chronographique de Lœwy, de manière à n'admettre dans le relais polarisé que des courants de même intensité, suivant toujours dans le même sens le même chemin sur cette table. Ces courants n'étaient utilisés que comme courants primaires, destinés à fermer par leur action sur le relais un circuit secondaire unique, aboutissant à l'électro-aimant du chronographe, dont dépend la plume d'enregistrement des observations. Un courant électrique, absolument indépendant des autres, servait à l'enregistrement des secondes de la pendule. Enfin, en agissant sur un commutateur, on pouvait faire fermer le circuit primaire par l'action de la pendule elle-même, de manière à mesurer le retard de la plume des observations sur celle de la pendule.

Le procédé mis en pratique pour les observations stellaires était identiquement le même que dans la détermination de Paris-Bizerte : en chaque station était installée une petite lunette méridienne portative, avec micromètre automatique enregistreur de P. Gautier. Pour chaque étoile, l'instrument était retourné entre les deux parties de l'observation, de manière à éliminer la collimation, la valeur et les irrégularités du pas de la vis micrométrique, ainsi que l'inégalité des tourillons; dans chaque position de la lunette, on mesurait l'inclinaison de l'axe de rotation par un nivellement simple. Toutes ces observations étaient enregistrées par l'action du courant d'une pile locale, dont, par un rhéostat, on pouvait graduer l'intensité, mesurée par un milliampèremètre.

---

[1] Présentée dans la séance du 3 mars 1913.

[2] Voir *Comptes rendus*, t. **153**, séance du 11 décembre 1911, p. 1211.

Au moment de l'échange des signaux télégraphiques, par le jeu des commutateurs, on supprimait le courant de la pile locale et on le remplaçait par celui d'une des deux piles de ligne, placées l'une à Paris, l'autre à Bruxelles; on avait soin de donner à l'un et à l'autre de ces deux courants l'intensité de la pile locale, en faisant usage du rhéostat et du milliampèremètre. Deux séries, de 40 signaux chacune, étaient envoyées alternativement d'Uccle à Paris et de Paris à Uccle; ces échanges avaient lieu le plus possible au milieu de la série d'observations.

Pour les comparaisons des pendules par la télégraphie sans fil, la méthode employée dans la détermination précédente n'ayant reçu que de très faibles modifications, nous n'y insisterons pas davantage.

Les observations ont été faites par M. Delporte, astronome adjoint à l'Observatoire royal de Belgique, et par M. Viennet, astronome adjoint à l'Observatoire de Paris. Il avait été convenu qu'on ferait une première série d'observations avec M. Delporte à Uccle, et M. Viennet à Paris, cette série devant comprendre dix soirées complètes; on devait alors procéder à l'échange des observateurs, pour une deuxième série de dix soirées.

Les positions des étoiles observées avaient été toutes empruntées au *General preliminary Catalogue* de M. Lewis Boss, et il avait été convenu que, dans chaque soirée, les mêmes étoiles seraient prises par les deux observateurs.

La première série commune a été obtenue le 1er mai 1912; malheureusement, les conditions atmosphériques absolument défavorables de l'été dernier ont rendu les opérations beaucoup plus longues et beaucoup plus pénibles qu'on aurait pu l'espérer. Malgré le très grand zèle des observateurs, la première série d'observations n'a été terminée que le 21 juin; la seconde série a été commencée le 26 juin, pour être finie le 2 août. Neuf soirées complètes forment la première partie, et onze soirées composent la seconde.

L'ensemble des appareils n'a donné lieu à aucune difficulté; ils ont toujours très régulièrement fonctionné; pourtant le 1er mai, par suite de mauvaise disposition des lignes télégraphiques, nous n'avons pu utiliser les signaux de télégraphie ordinaire. Nous avons donc 20 déterminations par la télégraphie sans fil et 19 seulement par la télégraphie ordinaire. Aucune différence d'équation personnelle ne pouvant être indiquée par les observations de la première et de la seconde partie, il nous a semblé inutile de donner séparément ici les résultats.

Pour calculer les poids des soirées individuelles, nous avons employé la formule de M. Albrecht.

Pour la différence de longitude entre les piliers de nos deux instruments méridiens, nous avons trouvé :

$8^m4^s,965$ par la télégraphie sans fil,
$8^m4^s,954$ par la télégraphie ordinaire.

L'erreur moyenne d'une détermination de poids 1 est :

$\pm 0^s,0245$ par la télégraphie sans fil,
$\pm 0^s,0285$ par la télégraphie ordinaire.

Enfin l'erreur moyenne des résultats définitifs est :

$\pm 0^s,0060$ par la télégraphie sans fil,
$\pm 0^s,0071$ par la télégraphie ordinaire.

Le temps de transmission de l'électricité ordinaire entre Paris et Uccle a été trouvé égal à $0^s,008$.

Grâce à toutes les précautions prises pour éviter les causes d'erreurs systématiques, la concordance des deux résultats est tout à fait satisfaisante; la considération des erreurs moyennes montre que le procédé de comparaison des pendules est sensiblement plus précis par la télégraphie sans fil que par la méthode ordinaire.

Si nous adoptons $8^m 4^s,96$ pour valeur de la différence de longitude entre nos deux piliers, et si nous tenons compte de leurs distances aux méridiens adoptés dans les deux observatoires, nous trouvons

$$8^m 5^s,12$$

pour différence de longitude entre les méridiens fondamentaux de Paris et d'Uccle. (A Paris la méridienne de Cassini, à Uccle le centre du cercle méridien de Repsold.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les invariants des caractéristiques des équations aux dérivées partielles du second ordre à deux variables indépendantes.* Note de M. **J. Clairin.**

Écrivons avec les notations ordinaires une équation aux dérivées partielles du second ordre à deux variables indépendantes

$$(\varepsilon) \qquad r + f(x, y, z, p, q, s, t) = 0$$

qui possède deux systèmes distincts de caractéristiques (C) et (Γ) correspondant respectivement aux équations

$$dy = m\,dx, \qquad dy = \mu\,dx,$$

où m et μ représentent les racines de l'équation en λ

$$\lambda^2 - \frac{\partial f}{\partial s}\lambda + \frac{\partial f}{\partial t} = 0.$$

Dans l'étude qu'il a faite de la méthode de M. Darboux pour l'intégration de ces équations, M. Gau a en particulier montré (1) que tout invariant du système (Γ) de caractéristiques dont l'ordre n dépasse 3 peut être mis sous la forme

$$\frac{p_{1,n-1} + mp_{0,n} + \varphi(x, y, z, p, q, s, t, \ldots, p_{1,n-2}, p_{0,n-1})}{\varpi(x, y, z, p, q, s, t, \ldots, p_{1,k-1}, p_{0,k})},$$

k désignant un nombre entier positif inférieur à n; ce théorème subsiste quand n est égal à 3 si le système (Γ) est composé de caractéristiques du premier ordre.

J'ai essayé de compléter le résultat précédent en recherchant l'expression de la fonction ϖ; je me bornerai au cas où le système (Γ) ne possède pas d'invariants d'ordre moindre que n. Dans ce qui suit les lettres a, α, β serviront à représenter des constantes, tandis que nous appellerons u, v, w des fonctions; les variables seront indiquées entre parenthèses.

Nous supposerons d'abord que le système (Γ) n'est pas formé de caractéristiques du premier ordre, dans ce cas ϖ dépend toujours des dérivées de z d'ordre supérieur à 2.

Si k est plus grand que 3 on a

$$\text{(I)} \quad \varpi = u(x, y, z, p, q, s, t, \ldots, p_{1,k-2}, p_{0,k-1}) \times [p_{1,k-1} + mp_{0,k} + v(x, y, z, p, q, s, t, \ldots, p_{1,k-2}, p_{0,k-1})]^{\alpha}$$

ou

$$\text{(II)} \quad \varpi = u(x, y, z, p, q, s, t, \ldots, p_{1,k-2}, p_{0,k-1})\, e^{v(x, y, z, p, q, s, t, p_{1,2}, p_{0,3})[p_{1,k-1} + mp_{0,k}]}.$$

Lorsque la fonction u de la formule (I) contient des dérivées de z dont l'ordre dépasse 3 on a

$$u = [p_{1,h-1} + mp_{0,h} + w(x, y, z, p, q, s, t, \ldots, p_{1,h-2}, p_{0,h-1})]^{\beta},$$

h désignant le plus grand des ordres des dérivées dont dépend effectivement u.

Quand ϖ est une fonction des seules variables $x, y, z, p, q, s, t, p_{1,2}, p_{0,3}$, je n'ai obtenu que le résultat suivant : ξ représentant l'expression

$$p_{1,2} + m\, p_{0,3},$$

ϖ est la puissance d'exposant $\frac{n-1}{2}$ d'une intégrale $w(x, y, z, p, q, s, t, \xi)$

(1) *Journal de Mathématiques*, 6e série, t. VII, p. 139.

de l'équation différentielle

$$(1) \qquad \varpi^4 \left(\frac{\partial^3 \varpi}{\partial \xi^3}\right)^2 = a \left[2\varpi \frac{\partial^2 \varpi}{\partial \xi^2} - \left(\frac{\partial \varpi}{\partial \xi}\right)^2\right]^3.$$

La fonction désignée par v dans (II) est de même la puissance d'exposant $\frac{1-k}{2}$ d'une intégrale de (1); enfin dans le cas où la fonction u de (I) ne dépend que de x, y, z et des dérivées premières, secondes et troisièmes de z, elle est aussi égale à une puissance d'une intégrale de (1).

Lorsque le système (Γ) est constitué par des caractéristiques du premier ordre, la fonction ϖ peut ne contenir que x, y, z, p, q, s, t; si les dérivées d'ordre supérieur à 2 y figurent, la fonction a l'une des formes précédentes; il faut cependant ajouter qu'il n'y a pas lieu de distinguer dans ce cas les fonctions de x, y, z, p, q, s, t, $p_{1,2}$, $p_{0,3}$ et celles qui dépendent des dérivées d'ordre plus élevé, les nombres que nous avons désignés par h et k peuvent être égaux ou supérieurs à 3.

Si l'équation (ε) s'écrit

$$r + (m + \mu)s + m\mu t + M = 0,$$

m, μ, M représentant des fonctions de x, y, z, p, q dont la seconde satisfait à la condition

$$\mu \frac{\partial \mu}{\partial p} - \frac{\partial \mu}{\partial q} = 0,$$

ϖ peut être une fonction de x, y, z, p, q seulement.

Il importe de préciser la signification des résultats qui précèdent : il est impossible que la fonction ϖ ne possède pas l'une des formes indiquées, mais rien ne nous permet d'affirmer que certaines de celles-ci ne devraient pas être écartées; par exemple nous ne savons pas si une intégrale quelconque de (1) peut être le dénominateur d'un invariant du système (Γ) de caractéristiques de (ε).

AÉRONAUTIQUE. — *Sur le vol des oiseaux dit « vol à la voile ».* Note (¹) de M. **Vasilesco Karpen**, présentée par M. G. Lippmann.

Dans une précédente Communication j'ai donné les équations du mouvement de l'oiseau voilier et décrit la manœuvre qu'il doit exécuter pour profiter au mieux des variations du vent.

(¹) Présentée dans la séance du 17 février 1913.

Je me propose de montrer dans cette Note quel doit être le vent, pour que l'énergie que l'oiseau peut lui emprunter soit effectivement suffisante pour le vol.

Poids et dimensions des voiliers. Coefficients pour la résistance de l'air. — Des mesures faites sur les voiliers ont montré qu'entre le poids P (kg) et la surface S (m^2) il existe la relation : $4S = P^{\frac{2}{3}}$. D'un autre côté j'ai constaté, par des mesures faites sur des mouettes, que la section du *maître couple* S', dans l'attitude du vol, était d'environ $\frac{1}{16}$ de la surface S.

J'ai adopté pour K la valeur de 0,7 et pour K' celle de 0,0022.

D'ailleurs en faisant varier largement les valeurs de ces rapports et coefficients, évidemment discutables, les résultats restent sensiblement les mêmes.

Vol par vent d'accélération horizontale constante en grandeur et direction. — L'oiseau doit voler dans un sens contraire à l'accélération v' du vent ($\gamma = 0$); il volera donc *dans le sens du vent*, si la vitesse du vent diminue et en sens contraire, si cette vitesse augmente.

Pour que l'oiseau se maintienne sur une horizontale, il faut que $\frac{dh}{dt} = \frac{d^2h}{dt^2} = 0$, et si, comme cela doit être, l'oiseau garde β constant, la première des équations du mouvement se réduit à

$$v' = g\left(\frac{P}{KS\beta^2} + \frac{K'S'}{P}\beta^2\right) - g\frac{b}{\beta}.$$

Supposons d'abord b nul, le minimum de v' est

$$v'_{\text{min.}} = 2g\sqrt{\frac{K'S'}{KS}} = 0,284 \text{ m : s}^2,$$

il correspond à une vitesse relative

$$\beta_0 = \frac{\sqrt{P}}{\sqrt[4]{KSK'S'}} = 20P^{\frac{1}{6}} \text{ m : s}.$$

Ainsi, il suffit d'un vent dont la vitesse augmente *ou diminue* par seconde, d'environ $0^m,30$, pour que l'oiseau, quel que soit son poids, puisse se maintenir sans monter ni descendre, avec une vitesse relative β_0.

Influence d'une composante ascendante b du vent. — Cette composante a pour effet de diminuer l'accélération horizontale minimum du vent néces-

saire au vol. Pour que cette accélération soit nulle, il suffit d'un vent ascendant qui peut être très petit.

Vol par vent variable quelconque. — Si l'on représente le vent par un vecteur dont la pointe est fixe et dont l'autre extrémité A parcourt une courbe C, la vitesse de A est précisément égale et de signe contraire à l'accélération géométrique v' du vent. La trajectoire relative que devra suivre l'oiseau aura donc ses tangentes parallèles aux tangentes correspondantes de C, le rayon de courbure ρ étant donné par la relation

$$\frac{\rho}{v_0} = \frac{\beta_0}{v'},$$

v_0 étant le rayon de courbure correspondant de C. Si la variation du vent était trop brusque, l'oiseau s'écarterait légèrement de cette trajectoire et de la vitesse β.

La condition de la possibilité du vol à la voile, par un vent donné, s'obtient en prenant la moyenne des deux membres de la première des équations du mouvement et en y annulant la moyenne de $\frac{dH}{dt}$.

Le calcul numérique montre que *le vol à la voile est possible dès que la moyenne de l'accélération géométrique du vent atteint* 30^{cm} *à* 50^{cm} *par seconde seconde.*

La hauteur constitue, lorsque la vitesse est constante, le régulateur, le volant du vol à la voile; grâce à sa variation, l'oiseau accumule de l'énergie lorsque le travail moteur dû au vent dépasse le travail résistant et en dépense dans le cas contraire, il peut garder constante sa vitesse β ou la faire varier selon les besoins.

Pour encadrer les cas réels je prends, comme exemples de vents permettant le vol à la voile, les deux cas théoriques suivants :

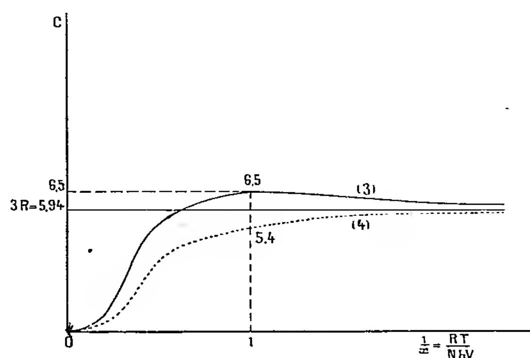
1° Vent périodique de direction horizontale invariable et dont la vitesse subit, pendant des laps de temps de 15 secondes, les variations suivantes : augmente de 1 m : s à 10 m : s, reste stationnaire, diminue de 10 m : s à 1 m : s, reste stationnaire, et ainsi de suite (accélération moyenne du vent 30 cm : s^2). La projection horizontale de la trajectoire sera formée de segments de droite parallèles à la direction du vent, parcourus par l'oiseau pendant que le vent varie, et raccordés les uns aux autres par des demi-circonférences parcourues pendant que le vent reste stationnaire.

2° Vent périodique, variable en grandeur et direction, pouvant être représenté par un vecteur dont la pointe est fixe et dont l'autre extrémité parcourt uniformément en 17 secondes un cercle de 1 m : s de rayon (accélération du vent 37 cm : s^2). La trajectoire sera un cercle horizontal qui, pour un oiseau pesant 1^{kg}, aura 55^m de rayon et sera parcouru avec une vitesse de 20 m : s.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la loi du rayonnement noir et la théorie des quanta.* Note (¹) de M. **J. de Boissoudy.**

Après avoir montré que l'hypothèse des quanta est la seule qui puisse conduire à la loi de Planck, H. Poincaré, dans un Mémoire souvent cité (*Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 1106), ajoutait que toutes les fois que la loi du rayonnement entraîne pour le rayonnement total une énergie finie, il est nécessaire que la fonction W (telle que W $d\eta$ représente la probabilité pour que l'énergie d'un résonateur soit comprise entre η et $\eta + d\eta$) présente au moins une discontinuité pour $\eta = 0$.

Quelle serait la loi du rayonnement noir si, faisant abstraction de l'hypo-



thèse de Planck, on supposait que cette discontinuité se réduit au minimum, autrement dit qu'elle n'existe que pour le passage d'une énergie nulle à une énergie finie?

Ceci peut s'exprimer par l'hypothèse suivante : L'énergie d'un résonateur, au lieu d'être un multiple entier de l'élément d'énergie $h\nu$, est simplement assujettie à être plus grande que $h\nu$ ou nulle; elle passe brusquement de zéro à une valeur finie (que nous prenons égale à $h\nu$). Au-dessus de $h\nu$, le résonateur se comporte d'une façon normale; il peut acquérir ou perdre de l'énergie d'une façon continue.

Considérons un corps pondérable contenant n résonateurs de fréquence ν, à la température T. Le nombre de ceux dont l'énergie de vibration est comprise entre η et $\eta + d\eta$, si l'on suppose la fonction W continue

(¹) Présentée dans la séance du 3 mars 1913.

pour la valeur η, est

$$n\,\mathrm{W}\,d\eta = \frac{n\mathrm{N}}{\mathrm{RT}}\,e^{-\frac{\mathrm{N}\eta}{\mathrm{RT}}}\,d\eta,$$

et puisqu'ils ne peuvent entrer en vibration, d'après notre hypothèse, que si η est supérieur à $h\nu$, leur énergie totale est

$$\frac{n\mathrm{N}}{\mathrm{RT}}\int_{h\nu}^{\infty} e^{-\frac{\mathrm{N}\eta}{\mathrm{RT}}}\eta\,d\eta = \frac{n\mathrm{RT}}{\mathrm{N}}\,e^{-\frac{\mathrm{N}h\nu}{\mathrm{RT}}}\left(1+\frac{\mathrm{N}h\nu}{\mathrm{RT}}\right),$$

ce qui donne pour l'énergie moyenne d'un résonateur

$$\mathrm{E} = \frac{\mathrm{RT}}{\mathrm{N}}\,\frac{1+\frac{\mathrm{N}h\nu}{\mathrm{RT}}}{e^{\frac{\mathrm{N}h\nu}{\mathrm{RT}}}}$$

qu'on peut écrire

(1) $$\mathrm{E} = \frac{\mathrm{RT}}{\mathrm{N}}\,\frac{1+x}{e^{x}}$$

en posant $x = \frac{\mathrm{N}h\nu}{\mathrm{RT}}$.

Cette expression de E peut être rapprochée de celle donnée par Planck

(2) $$\mathrm{E}_1 + \frac{\mathrm{RT}}{\mathrm{N}}\,\frac{x}{e^{x}-1}.$$

Comme cette dernière, elle tend aux limites vers $\frac{\mathrm{RT}}{\mathrm{N}}$ ou $\frac{2}{3}\alpha\mathrm{T}$ pour de petites valeurs de x, c'est-à-dire pour de hautes températures ou des vibrations de petite fréquence, et vers $\frac{\mathrm{RT}}{\mathrm{N}}\,\frac{x}{e^{x}}$ ou $\frac{h\nu}{e^{\frac{\mathrm{N}h\nu}{\mathrm{RT}}}}$ pour de grandes valeurs de x, c'est-à-dire dans le cas de basses températures ou de courtes longueurs d'onde. Pour les températures et les longueurs d'onde usuelles, les deux formules sont pratiquement équivalentes. La différence $\frac{\mathrm{E}-\mathrm{E}_1}{\mathrm{E}_1}$ n'atteint pas en effet 2 pour 100 à la température ordinaire, pour une longueur d'onde de 1^{μ}, et *a priori* pour des longueurs d'onde plus petites.

II. M. Einstein a déduit de la formule de Planck la loi des chaleurs spécifiques des corps solides. Il suppose pour cela que l'énergie d'un solide se réduit à l'énergie de vibration de ses atomes, celle des électrons négatifs qui créent les périodes ultraviolettes étant négligeable. Il suppose de plus que ces atomes émettent une vibration de période constante (période propre) et que leur énergie moyenne a pour valeur 3E, le facteur 3 correspondant aux trois directions de vibration possibles dans l'espace.

La chaleur atomique d'un corps solide a dès lors pour expression

$$c = 3\,\mathrm{N}\,\frac{d\mathrm{E}}{d\mathrm{T}},$$

qui devient, suivant qu'on adopte l'une ou l'autre des équations (1) et (2),

$$(3)\qquad c = 3\,\mathrm{R}\,\frac{x^2 + x + 1}{e^x}$$

ou

$$(4)\qquad c_1 = 3\,\mathrm{R}\,\frac{x^2 e^2}{(e^x - 1)^2}\qquad \text{(formule d'Einstein).}$$

La courbe représentative de la formule (3) a la forme générale ci-contre, où c est exprimé en fonction de $\frac{1}{x}$. Elle présente un maximum pour $x = 1$ (correspondant à une fréquence propre de l'ordre de 6.10^{12}, si le maximum est atteint au voisinage de la température ordinaire) comme le montre l'équation

$$\frac{dc}{d\left(\frac{1}{x}\right)} = \frac{1 - \frac{1}{x}}{\frac{1}{x^4}\,e^x}.$$

La valeur de ce maximum est

$$c = 3\,\mathrm{R} \times \frac{3}{e} = 5{,}94 \times 1{,}10 = 6{,}5.$$

C'est précisément la valeur expérimentale de la chaleur atomique, entre 15° et 100°, pour un grand nombre de corps. La coïncidence de ce nombre avec la constante de Dulong et Petit ne paraît pas purement fortuite.

La formule d'Einstein, représentée par la courbe en pointillé (4), donne elle aussi un maximum, mais notablement inférieur ($3\mathrm{R} = 5{,}94$) et qui n'est atteint théoriquement que pour une valeur de $\frac{1}{x}$ (ou de T) infinie.

Il n'y a pas à espérer toutefois que l'équation (3), non plus que toute autre formule théorique, puisse rendre compte d'une façon rigoureuse des variations de la chaleur atomique dans toute l'étendue de l'état solide. L'hypothèse d'Einstein, sur laquelle elle repose, supprime, en effet, un facteur important qui doit nécessairement influer sur la chaleur spécifique des solides, à savoir l'énergie nécessaire pour la rupture des liaisons qui tendent à s'établir entre les atomes à mesure qu'on se rapproche du zéro

absolu. Elle ne peut donc s'appliquer qu'à un intervalle de température relativement restreint. Elle caractérise une sorte d'état solide idéal, partiellement réalisé au voisinage de la température ordinaire par un grand nombre de corps et qui correspond sans doute à un maximum d'équilibre entre leurs éléments constitutifs.

ÉLECTRICITÉ. — *Relais extra-sensibles pour télégraphie sans fil.* Note (¹) de M. ALBERT TURPAIN.

Au début de la télégraphie sans fil, l'enregistrement des émissions reçues au cohéreur fut réalisé au moyen de relais sensibles qui actionnaient, à cet effet, la palette d'un appareil Morse. La portée des transmissions n'excédait guère, dans la pratique, 100^{km}.

Avec les détecteurs extra-sensibles qui se jouent de portées de plusieurs milliers de kilomètres, la réception n'est actuellement encore pratiquement assurée qu'au moyen du téléphone.

Depuis 1910, j'ai cherché à réaliser l'enregistrement des signaux hertziens de longue portée reçus à l'aide des détecteurs extra-sensibles. Les premiers résultats de mes expériences me permirent l'enregistrement des signaux de l'heure. A cet effet, j'ai successivement combiné un dispositif d'enregistrement photographique, puis un microampèremètre enregistreur (²). Je viens de réaliser enfin des types de relais extra-sensibles qui laissent espérer leur usage dans la pratique de la télégraphie hertzienne.

Pour un bon fonctionnement pratique un relais doit réaliser les deux conditions suivantes : 1° contact très sûr, 2° sensibilité suffisante.

Les relais les plus sensibles et de contact bien sûr réalisés jusqu'à ce jour sont : 1° le relais Baudot qui fonctionne encore avec 1 milliampère ou 1000 microampères; le relais Claude qui donne encore un contact sûr avec 30 à 40 microampères; le relais Siemens qui présente une résistance de 10000^{ω} et est alors sensible à 10 microampères.

Les intensités des courants reçus dans les meilleurs détecteurs à cristaux n'excèdent pas, pour les émissions des signaux radiotélégraphiques à longue portée, une fraction de microampère, parfois $\frac{1}{10}$ ou même $\frac{1}{100}$ de microampère.

(¹) Reçue dans la séance du 3 mars 1913.

(²) Voir *Société française de Physique*, 2 juin 1911; *Journal de Physique*, décembre 1911 et février 1912, et aussi *Comptes rendus*, février 1913.

J'ai réalisé deux types de relais qui présentent une sensibilité de l'ordre du $\frac{1}{100}$ de microampère.

L'un des types est constitué par un cadre mobile dans un puissant champ magnétique (20000 à 25000 gauss), cadre constitué par du fil de cuivre de $\frac{3}{100}$ de millimètre de diamètre et suspendu par un bifilaire de cocon de 7^{cm} ou 12^{cm} de hauteur, haubané à mi-hauteur par deux cocons horizontaux à tension réglable.

Le dispositif de contact mérite une description particulière. Un des côtés du cadre porte un cocon qui, au moment du déplacement, tire sur la petite branche d'un minuscule levier d'aluminium de 10^{mm} à 15^{mm} de longueur. Ce levier ne pèse pas 3^{cg} ($0^{g},026$). Il est fixé de façon à accroître dans la proportion de 1 à 10 les déplacements du cadre. C'est lui qui assure le contact du relais. A cet effet, la partie inférieure dudit levier porte une boucle en fil d'argent de $\frac{5}{100}$ de millimètre de diamètre qui vient, au moment du déplacement, toucher une boucle identique portée par une vis de réglage. Grâce à ces deux fils d'argent de diamètre extrêmement réduit et en forme de boucles, le contact est assez sûr pour permettre le passage d'un courant de l'ordre de 10 à 20 microampères, courant qui suffit à l'entretien d'un relais du type Siemens ou Claude. De plus, les boucles de fil d'argent de $\frac{5}{100}$ de millimètre de diamètre sont assez souples pour être amenées à un contact sûr par les impulsions d'énergie extrêmement faible données au levier d'aluminium par le cadre.

Un appareil Morse peut donc être entretenu au moyen de deux relais disposés en cascade; un relais du type que je viens de décrire actionnant un relais Siemens.

Un second type de relais extra-sensible est de construction plus aisée et de sensibilité cependant au moins aussi grande, sinon plus sensible. Dans ce second type de relais, je fais usage d'un galvanomètre à corde du genre de celui que j'ai récemment décrit (*Comptes rendus*, février 1913), et qui rappelle les galvanomètres d'Eïthoven et d'Edelmann. Le galvanomètre à corde que j'ai réalisé présente une sensibilité de l'ordre de 10^{-12} ampère. On peut s'en servir comme relais.

Pour atteindre de telles sensibilités, non seulement il faut employer comme corde des fils de 2^{μ} de diamètre, mais encore des champs de 32000 gauss; pour cela, il est nécessaire que l'entrefer ne dépasse pas un demi-millimètre. On peut cependant faire pénétrer dans cet entrefer une très mince petite pince faite de deux fils d'argent de $\frac{1}{10}$ à $\frac{2}{10}$ de millimètre de diamètre, et réunis à leurs extrémités par un petit pont métallique formant boucle et constitué par du fil de même diamètre que celui qui forme la corde, partie mobile du galvanomètre. Cette pince, amenée par une vis micrométrique de réglage au voisinage de la corde du galvanomètre, permet d'obtenir un contact au moment du déplacement de la corde. A la vérité, avec des fils de 2^{μ} de diamètre, le contact est un peu précaire, mais en utilisant des galvanomètres à corde ayant 5^{μ} et 10^{μ} de diamètre qui réalisent encore, avec le champ magnétique de 32000 gauss que

j'emploie, des sensibilités de l'ordre de 10^{-8} et même 10^{-9} ampère, on obtient un relais très sensible et à contact très sûr pour fermer des courants dont l'intenstité est de l'ordre de 10 à 20 microampères.

RADIOTÉLÉGRAPHIE. — *Sur l'influence réciproque de deux antennes voisines.* Note de M. C. Tissot, présentée par M. Lippmann.

Une Communication récente de M. Meslin (1) a attiré l'attention sur les phénomènes d'influence qui se produisent entre deux antennes réceptrices voisines.

Nous avons eu l'occasion d'observer des phénomènes tout à fait analogues dans des expériences que nous avons exécutées autrefois et signalées en partie (2).

Nous nous proposions de tracer la courbe de résonance d'une antenne d'émission excitée en direct en prenant comme résonateur l'antenne réceptrice elle-même A dont on faisait varier la longueur, et dans laquelle était intercalé un bolomètre *a*. Afin de contrôler la constance des émissions, nous nous servions tout d'abord comme témoin d'une antenne fixe B voisine de A, accordée sur l'émission, et reliée à un second bolomètre *b*.

Mais nous avions dû renoncer à employer ce contrôle, du moins sous cette forme, car les déviations du bolomètre *b* de l'antenne fixe B subissaient des variations indépendantes de l'émission du seul fait du changement de longueur de l'antenne variable A.

On observait que, lorsque les antennes A et B étaient toutes deux simples, l'énergie captée par l'antenne fixe B passait par un minimum quand on amenait l'antenne voisine A en résonance, mais que, lorsque l'antenne variable A était multiple, le minimum de l'énergie reçue par l'antenne simple B correspondait à un certain décalage de l'antenne A en deçà de l'accord.

Ces observations anciennes s'accordent bien avec celles de M. Meslin.

A priori, le premier effet s'interprète aisément en observant que l'antenne A draine à son profit une portion de l'énergie du champ d'autant plus grande qu'elle est plus près de la résonance, ce qui réduit d'autant la portion d'énergie captée par B.

Mais ce n'est là qu'une première approximation.

Le phénomène observé dépend, en effet, et de la valeur respective de la

(1) *Comptes rendus*, 17 février 1913.

(2) *Sur la résonance des systèmes d'antennes* (*Annales de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. VII, 1906, p. 463).

quantité d'énergie captée par chacune des antennes, et de la modification qu'elles font subir, l'une et l'autre, au champ primitif de leur propre rayonnement.

Or, le rayonnement d'une antenne (et réciproquement son *pouvoir absorbant*) est intimement lié aux dimensions électriques de cette antenne.

Il dépend en particulier du facteur $\frac{1}{L\frac{l}{\rho}}$ (l, longueur; ρ, rayon de l'antenne) qui entre dans l'expression du champ au voisinage immédiat d'un oscillateur linéaire (¹).

C'est parce que ce facteur a une valeur plus grande pour une antenne à plusieurs brins que pour une antenne simple, qu'une antenne multiple capte une quantité d'énergie plus grande qu'une antenne simple, ainsi que nous l'avons montré par ailleurs (²).

Dans le cas de nos expériences, où nous obtenions la modification de période du système par variation directe de la longueur de l'antenne, la raison de la dissymétrie apparaît immédiatement.

On voit en effet que l'un des déréglages, le déréglage *au delà* de l'accord, produit deux effets qui tendent à rendre le système variable *moins absorbant*, d'abord parce qu'il l'éloigne de la résonance, puis parce qu'il agit dans le sens d'un accroissement du rapport $\frac{l}{\rho}$.

L'autre déréglage, au contraire, le déréglage *en deçà* de l'accord, rend bien toujours le système *moins absorbant* en l'éloignant de la résonance, mais tend à le rendre *plus absorbant* en agissant dans le sens d'une diminution du rapport $\frac{l}{\rho}$.

De sorte que c'est la dissymétrie qui est la règle, et que, même avec deux antennes réceptrices identiques, le minimum de réception de l'antenne fixe accordée ne doit pas se produire *exactement* pour la résonance de l'antenne variable, mais pour un léger décalage de cette antenne *en deçà* de l'accord.

Dans le cas où l'on modifie la période par l'introduction d'une bobine de self, on est conduit à une interprétation analogue qui devient particulièrement simple en faisant intervenir la *résistance d'émission* de l'antenne.

On établit, en effet, que la perturbation produite dans le champ incident

---

(¹) H. Poincaré, *Conférences sur la T. S. F. à l'École supérieure de Télégraphie* (Édition de *La Lumière électrique*, p. 61).

(²) C. Tissot, *loc. cit.*, p. 511.

par une antenne réceptrice (de résistance ohmique négligeable) est en raison inverse de $\sqrt{1+\left[\frac{L\omega}{R_e}\left(1-\frac{\omega_0^2}{\omega^2}\right)\right]^2}$, où ω_0 désigne la pulsation de l'onde incidente, ω la pulsation de l'oscillation libre de l'antenne excitée, L la self-induction effective du système récepteur et R_e sa résistance d'émission (¹).

R_e varie proportionnellement au carré du rapport $\frac{l}{\lambda}$ de la longueur réelle de l'antenne à la longueur d'onde du système. D'autre part, quand on modifie une antenne par addition de self, $L\omega$ varie sensiblement comme $\sqrt{L}$. Par suite :

En augmentant la self (déréglage au delà de l'accord) on augmente à la fois $\left(1-\frac{\omega_0^2}{\omega^2}\right)$ et $\frac{L\omega}{R_e}$;

En diminuant la self (déréglage en deçà de l'accord) on augmente $\left(1-\frac{\omega_0^2}{\omega^2}\right)$, mais on diminue $\frac{L\omega}{R_e}$.

De sorte qu'il doit se produire un phénomène analogue à celui que nous avons décrit plus haut.

Toutefois, pour qu'il devienne appréciable et donne lieu à une dissymétrie bien apparente, il faut qu'en agissant sur les selfs respectives de réglage, on produise une variation de $\frac{L\omega}{R_e}$ plus grande pour l'une des antennes que pour l'autre. C'est ce qui se produit quand on a en présence une antenne simple et une antenne multiple, c'est-à-dire deux systèmes pour lesquels le facteur $\frac{L\omega}{R_e}$ a des valeurs très différentes.

PHYSIQUE. — *Sur quelques mélanges liquides se prêtant tout particulièrement à l'observation du phénomène de Christiansen.* Note de M. **F. Bodroux**, présentée par M. A. Haller.

En préparant certains composés organiques, j'ai observé des phénomènes de diffusion colorée se produisant parfois au sein d'un mélange de deux liquides, peu solubles l'un dans l'autre et soumis à une agitation continue qui maintient le liquide le plus léger en émulsion dans le second. A

(¹) Rüdenberg, *Ann. der Physik*, t. XXV, 1908, p. 446.

une température déterminée et pour une proportion convenable des constituants du mélange, celui-ci devient limpide, et les ombres des objets, vivement éclairés, examinés par transparence, apparaissent richement colorées.

Une faible élévation de température modifie la couleur des ombres. Celles-ci, jaunes au début, deviennent successivement orangées, rouges, violettes, bleues, puis la liqueur se trouble. Par refroidissement, la limpidité reparaît, les colorations se succèdent en sens inverse et, le jaune atteint, le mélange des liquides devient opaque de nouveau.

Dans ces expériences, il y a décomposition d'une partie de la lumière blanche qui traverse le mélange. Les deux liquides possédant le même indice de réfraction pour une radiation déterminée, celle-ci n'est donc pas déviée; mais, comme elle se trouve diluée dans un grand excès de lumière blanche, elle passe à peu près inaperçue. Les autres radiations sont plus ou moins difffusées, elles se superposent et paraissent seulement dans les ombres à qui elles communiquent la teinte complémentaire de la lumière monochromatique transmise.

Celle-ci peut être facilement observée, en regardant à travers le mélange diffusant une fente étroite ou une toile métallique, formée de fils un peu gros et rapprochés. Dans ce dernier cas, la toile étant bien éclairée par derrière, les intervalles vides présentent la couleur transmise et la trame la couleur complémentaire.

En faisant, dans la chambre noire, traverser le mélange liquide, placé dans une cuve de verre à faces parallèles et agité mécaniquement par un faisceau cylindrique de rayons solaires et en recevant sur un écran le faisceau diffusé, on obtient une grande image circulaire. Au centre on observe la couleur transmise sans déviation et autour de celle-ci s'étalent les autres radiations. En faisant varier la température (dans l'intervalle de quelques degrés) ou encore en ajoutant goutte à goutte au mélange l'un de ses constituants, on modifie la coloration des diverses parties de l'image reçue; si l'on opère avec précaution, on fait passer progressivement la plage centrale du bleu à l'orangé.

Christiansen, en mettant en suspension dans un liquide d'indice convenable, certains corps solides pulvérulents, a observé un phénomène analogue, dont il a décrit avec soin toutes les particularités (¹). Ses expériences ont été depuis reprises par lord Rayleigh (²) et par Wood (³).

(¹) *Ann. de Wiedemann*, t. XXIII, p. 298.

(²) *Phil. Mag.*, 5ᵉ série, t. XX, p. 358.

(³) *Traité d'Optique*, t. I, p. 134.

Les mélanges de deux liquides présentent sur les mélanges d'un solide et d'un liquide l'avantage de pouvoir, dans un très grand nombre de cas, être obtenus très rapidement, en telle quantité que l'on désire, et de se prêter très bien à l'observation de ce beau phénomène.

En voici deux qui donnent d'excellents résultats :

Dans 50g d'une solution aqueuse saturée de chlorure de sodium, on verse 15g d'acétate d'éthyle et 10g d'eau. Par transparence, les ombres paraissent colorées en jaune orangé. Ce mélange est très sensible à l'action de la chaleur; celle de la main suffit pour modifier la coloration des ombres.

A une dissolution de 25g de bromure de sodium dans 35g d'eau, on ajoute goutte à goutte de l'alcool propylique, en agitant jusqu'à ce que par transparence on obtienne pour les ombres la coloration voulue. Celle-ci varie sous l'influence de la chaleur, ou quand on modifie légèrement les proportions des corps en présence (addition de traces d'eau, de bromure de sodium, ou d'alcool propylique).

Lorsque les mélanges précédents sont au repos, dans chacun d'eux, la surface de séparation des liquides, observée sous une incidence presque rasante, présente de belles irisations dont l'existence est facile à expliquer.

Avec certains mélanges, les couleurs observées par transparence, tout en étant les mêmes que précédemment, se succèdent en sens inverse (bleu, violet, rouge, orangé, jaune) lorsque la température s'élève. C'est ce qui se produit quand on associe à des solutions aqueuses de saccharose ou de glycérine, d'indice convenable, l'oxyde d'éthyle et l'alcool amylique. Ces résultats permettent de penser qu'on pourra constituer des mélanges diffusants sur lesquels la chaleur n'exercera aucune action.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la réception des radiotélégrammes par des antennes multiples avec ou sans mise au sol.* Note de M. **É. Rothé**, présentée par M. E. Bouty.

Dans une Note précédente relative à la réception par des antennes très réduites, j'ai indiqué l'influence réciproque des antennes fonctionnant au voisinage les unes des autres ([1]). C'est cette influence qui m'a obligé à répéter les expériences hors de Nancy. Je les ai refaites dans les Vosges en un endroit éloigné de toute ligne électrique afin de me mettre à l'abri de cette cause d'erreur.

([1]) Rothé, *Sur la réception des radiotélégrammes avec antennes réduites* (*Comptes rendus*, t. 154, p. 195).

Ces influences réciproques dépendent de la constitution des antennes et de leur position respective et, comme l'a fait remarquer M. Meslin dans sa dernière publication, l'étude de ce phénomène peut éclairer d'un jour nouveau la théorie de la réception ([1]). Il semble donc utile de préciser les conditions expérimentales. Dans la présente Note je me propose de résumer les recherches faites sur ce sujet depuis plus d'un an.

1° *Expériences avec antennes en relation avec le sol :*

Une antenne I est constituée par six fils parallèles de 55^m de longueur, isolés, tendus sur des vergues, elles-mêmes bien isolées, entre deux mâts à 30^m et 12^m au-dessus du sol. Elle est donc inclinée par rapport au sol.

L'antenne II est un fil unique de 22^m de hauteur, tendu à peu près parallèlement à la précédente à une distance d'environ 10^m au-dessous et latéralement.

On a également tendu horizontalement à la surface du sol, à la hauteur de 2^m, une antenne III de 22^m et une antenne IV de 75^m de long.

La réception s'effectue dans tous les cas par le montage à un circuit d'oscillations précédemment décrit. Sur l'antenne I on utilise une self réglable à curseurs r (fil de $1^{mm},4$; self maxima $0^H,00057$), sur les autres antennes une self plus forte R (fil de $0^{mm},8$; self $0^H,0128$).

a. Dans ces conditions, I étant au sol par l'intermédiaire de r et II par l'intermédiaire de R, on perçoit aisément aux deux postes. *Mais le réglage de r a une grande importance ; si on l'accorde à la résonance, la réception par* II *devient très bonne, tandis qu'elle diminue au contraire si l'on dérègle r dans un sens ou dans l'autre.* Inversement le déréglage de R a peu d'influence sur la réception par I. Des mesures ont été faites au téléphone shunté en prenant toutes les précautions d'isolement.

	Téléphone 150Ω sur transformateur Jegou.	Téléphone 4000Ω.
	Ω	Ω
I accordée.....................	1	300
I isolée.......................	3	1100
I directement au sol...........	25	1550

Le Tableau ci-dessus contient les valeurs des résistances qu'il faut mettre en dérivation sur le téléphone pour le rendre muet.

La résistance est d'autant plus faible que l'intensité du son est plus

([1]) MESLIN, *Influence réciproque des antennes parallèles* (*Comptes rendus*, t. 156, p. 543).

grande et ces résultats indiquent nettement la grande influence de I sur la réception par II.

b. La même influence a été observée dans les réceptions par III et IV, bien que celles-ci soient plus faibles.

c. Enfin, j'ai réduit l'antenne II à quelques mètres et j'ai greffé différents postes analogues avec antennes diverses sur le sol de I. Tous ont également bien fonctionné.

On peut même supprimer toute antenne dans le second poste en utilisant deux curseurs dans la grande self R et mettant le détecteur en dérivation sur ces curseurs dans des positions convenables.

Dans ces différents cas, l'accouplement de l'antenne I avec les autres est très lâche et l'on peut dire, en résumé, *que chacun des postes greffés sur le sol de* I *fonctionne en résonateur ayant une excitation propre mais renforcée par* I.

2° *Réception avec antennes non en communication avec le sol :*

La théorie de la réception par les petites antennes au ras du sol ou peu élevées au-dessus du sol est forcément compliquée par suite de la propagation généralement admise aujourd'hui dans « un éther du sol ». Bien des expériences s'expliquent clairement en attribuant au sol ce rôle spécial qu'on n'avait pas envisagé jusqu'ici [1]. Afin de simplifier l'étude des antennes multiples, il était logique de faire abstraction du sol et d'adopter le montage suivant : on met en série *sans sol* I*r* RII et l'on règle convenablement les curseurs pour obtenir le maximum de réception (ce réglage diffère peu de celui qui convient lorsque, comme dans les recherches précédentes, on mettait au sol le point d'attache de *r* et R). Dès lors, *l'ensemble des antennes constitue un vibrateur fonctionnant en demi-onde et non plus en quart d'onde.* On se contentera de mettre le circuit du détecteur en dérivation sur le circuit total, en deux points tels que la dépolarisation du détecteur s'effectue pour une force électromotrice suffisante. Toute diminution de *r* peut être compensée par une augmentation de R et réciproquement; mais le réglage le plus commode consiste à faire vibrer chacune des branches en quart d'onde, le nœud de tension se trouvant sur le fil de jonction entre *r* et R. *L'intensité de la réception est suffisamment forte pour*

---

[1] Rothé, *Comptes rendus*, t. 154, p. 194. — Meslin, *Comptes rendus*, t. 156, p. 543. — Jégou, *Comptes rendus*, t. 156, p. 385.

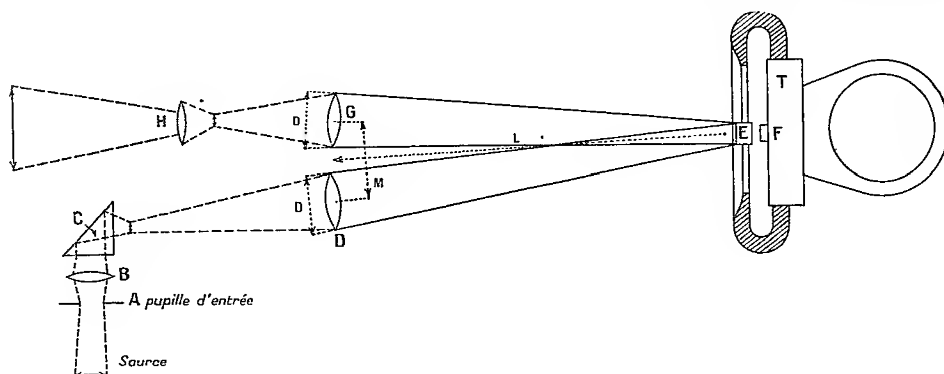
qu'on puisse espérer utiliser ce dispositif en aéronautique, en remplaçant ainsi par un montage à antenne double le montage à contrepoids, généralement utilisé (¹).

Toutes ces observations ont été faites sur les diverses transmissions FL, crépitante et chantante, et répétées sur quelques musicales allemandes, en particulier celle de la station de Norddeich.

PHYSIQUE. — *Sur un oscillographe interférentiel.* Note de M. A. Guyau, présentée par M. Villard.

La mesure des mouvements de la membrane téléphonique m'a amené à étudier et à construire un oscillographe interférentiel qui permet l'enregistrement photographique des vibrations de petite amplitude, à partir de quelques centièmes de micron.

Des franges rectilignes d'interférence par réflexion sont formées dans une lame d'air mince, comprise entre un miroir mobile F argenté à fond, collé sur la surface



dont on étudie les vibrations, et un miroir fixe de référence E semi-argenté. L'éclairage intensif des miroirs se fait en formant sur ceux-ci l'image d'une lampe à mercure en quartz ($4^A \times 80^v$) au moyen du système optique BCD. L'image des franges verticales est projetée (avec un agrandissement $G = 3$ par exemple) au moyen du système optique GH, sur une fente horizontale étroite (1^{mm}) derrière laquelle se trouve un cylindre enregistreur animé d'un mouvement hélicoïdal. L'image ponctuelle de ces franges, qui parvient sur la pellicule sensible, dessine la courbe des déplacements

(¹) Sur des biplans comme les Maurice Farman, l'antenne double pourrait être disposée sur les ailes horizontalement, à condition de trouver un accouplement convenable, et l'on éviterait les inconvénients de l'antenne déroulée au-dessous de l'avion.

orthogonaux φ des franges en fonction du temps, et la distance V de deux franges consécutives fixe l'échelle à laquelle cette courbe représente celle du mouvement de la surface mobile. Si les déplacements u de celle-ci se font perpendiculairement aux miroirs, on a, pour des incidences normales,

$$u = \frac{\lambda}{2}\frac{\varphi}{V}.$$

Le verre des systèmes optiques absorbe les raies ultraviolettes de l'arc au mercure, l'extrême sensibilité des émulsions ordinaires pour le violet élimine *ipso facto,* pour des temps de pose très réduits, les raies jaunes et vertes, un écran à l'esculine placé au diaphragme d'entrée arrête la raie $0^{\mu},404$ et seul subsiste le système des franges dû à la raie $0^{\mu},436$.

Si l'on admet en première approximation que le flux lumineux qui illumine les miroirs est proportionnel à la surface de la pupille d'entrée et inversement proportionnel au carré de sa distance à la source, on trouve que le pouvoir actinique de l'image lumineuse est, toutes choses égales d'ailleurs, proportionnel au coefficient

$$A = \frac{D^2}{G^2 L^2};$$

D, diamètre commun des objectifs D et G;
L, distance de ces objectifs aux surfaces interférentielles;
G, grossissement de l'image projetée sur le cylindre.

Ce coefficient définit dans une certaine mesure les conditions expérimentales indépendamment des circonstances particulières de chaque expérience et permet d'étudier un projet d'oscillographe interférentiel d'après un appareil type.

L'éclairage des miroirs se faisant, non en lumière parallèle, mais au moyen de pinceaux lumineux ayant pour base l'objectif D, il en résulte une diminution de la netteté du système de franges que j'ai caractérisée par le rapport des dérivées secondes de l'intensité au voisinage des maximums lumineux, obtenus respectivement en lumière non parallèle et en lumière strictement parallèle. Les développements en série que j'ai effectués pour le calcul de ce coefficient K m'ont permis, en général (et au moins avec des surfaces interférentielles en verre), de le réduire à

$$K = 1 - \frac{\pi^2}{2}\frac{D^2}{L^2}\frac{e^2}{\lambda^2}\sin^2\alpha \qquad \left(\text{pour } \alpha > \frac{1}{2}\frac{D}{L}\right),$$

où e désigne l'épaisseur de la lame mince et α l'incidence moyenne. Le minimum du temps de pose θ (quotient de la largeur de la fente par la vitesse circonférentielle du

cylindre) achève de caractériser l'instrument :

$$A = \frac{2,7^2}{3^2 \times 67^2} = 1,8.10^{-4},$$

$$K = 1 - \frac{\pi^2}{2}\frac{2,7^2}{67^2}\frac{50^2}{0,436^2}0,027^2 = 0,92,$$

$$\theta_{\text{min.}} = \frac{0^{\text{cm}},1}{500 \text{ cm : s}} = 0^{\text{s}},0002,$$ avec des émulsions Lumière Σ.

Cet oscillographe, appliqué à l'étude du mouvement de la membrane téléphonique, permet d'enregistrer des fragments de conversation (amplitudes de quelques centièmes de micron), de mesurer la période propre d'oscillation de cette membrane (pour un téléphone de réseau muni d'un miroir interférentiel de $0^{\text{gr}},12$ j'ai trouvé 800∼) et son amortissement (coefficient exponentiel 400 environ), de constater une certaine variabilité de sa position d'équilibre. La proportionnalité des déplacements aux intensités permet de l'utiliser comme galvanomètre oscillographique. Avec des appareils à haute résistance, on peut déceler une dizaine de microampères efficaces. Avec un téléphone à effets sélectifs les mouvements sont déjà mesurables, alors qu'un téléphone ordinaire (au moins à basse fréquence) est encore au silence, ce qui fixe la sensibilité de cet appareil à quelques centièmes de microampère. Des essais à la fréquence 500 m'ont montré que, si l'on tient seulement à fixer l'amplitude du mouvement, des temps de pose compris entre $\frac{1}{5}$ et $\frac{1}{10}$ de la période du courant sont, en général, suffisants. La substitution de lentilles cylindriques aux lentilles sphériques utilisées permettrait de diminuer notablement le temps de pose minimum et d'aborder dans de bonnes conditions l'étude des vibrations les plus rapides.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur un électromètre à spiral.* Note de M. **B. Szilard**, présentée par M. Villard.

J'ai essayé de construire un électromètre sensible (¹) d'un maniement, d'une commodité de lecture, d'une robustesse et d'un volume comparables à ceux des voltmètres ordinaires.

Principe. — L'aiguille, au potentiel de la cage, sert simultanément

(¹) Voir aussi ma Note précédente, *Comptes rendus*, novembre 1909.

d'index rigide et d'équipage mobile attiré par un secteur chargé. Le couple antagoniste est fourni par un spiral cylindrique suspendant l'aiguille pivotant sur pierres.

Construction (1). — Un ruban de métal très étroit ($0^{mm},5$) forme les deux ailes de l'aiguille, dont l'un affecte la forme d'un secteur de cercle; l'autre est droit et pointu. L'aiguille est découpée en une seule pièce, puis équilibrée; son épaisseur est de $0^{mm},03$; son poids $0^{g},009$ environ; elle est traversée par un axe très court d'un diamètre de $0^{mm},08$, tournant sur pivots et contre-pivots en rubis; un ajustage parfait exclut tout jeu d'axe supérieur à $0^{mm},01$.

L'axe X (*fig.* 1) est fixé à l'extrémité d'un spiral cylindrique R pareil à ceux employés pour le balancier des chronomètres, mais bien plus faible (épaisseur $0^{mm},01$; largeur $0^{mm},15$; poids total $0^{g},006$). L'extrémité supérieure du spirale R est portée par une petite virole V coulissant autour d'une tige T portée par en haut par un pont P′ et terminée en bas par le pivot et contre-pivot; le spiral entoure librement cette tige et sert à suspendre l'équipage mobile (aiguille et axe) en même temps que sa flexion constitue la force antagoniste. Il est de toute importance que, dans les déformations du spiral, son centre, de même que son centre de gravité, restent toujours sur l'axe (2); en donnant une forme convenable à la courbe terminale du spiral, on arrive à satisfaire à ces conditions.

Un secteur S représente le *cadran;* il affecte la forme de deux arcs concentriques superposés parallèlement à deux autres arcs identiques; ce système est maintenu isolé au moyen d'une plaque d'ambre I.

Cette forme de cadran est appelée à compenser les forces parasites dues à la forme asymétriques de l'aiguille. En effet, la force attractive d'un secteur, genre Lord Kelvin, ne serait pas dirigée dans le sens de la tangente à celui-ci; l'aiguille serait aussi attirée par son arc dans le sens perpendiculaire à son axe qui serait assujetti ainsi à un frottement latéral contre les pivots. Dans notre cas, les cercles concentriques extérieurs exercent sur l'arc de l'aiguille une attraction diamétrale égale à celle exercée par le système d'anneaux intérieurs; ainsi, si le réglage est parfait, l'arc se trouvera dans une zone neutre à ce point de vue.

Une tige C, isolée et coulissant dans la paroi de la platine, permet d'amener une charge au secteur, lequel engagera au fur et à mesure la partie circulaire de l'aiguille et fera déplacer l'index sur l'échelle graduée E, placée directement en dessous.

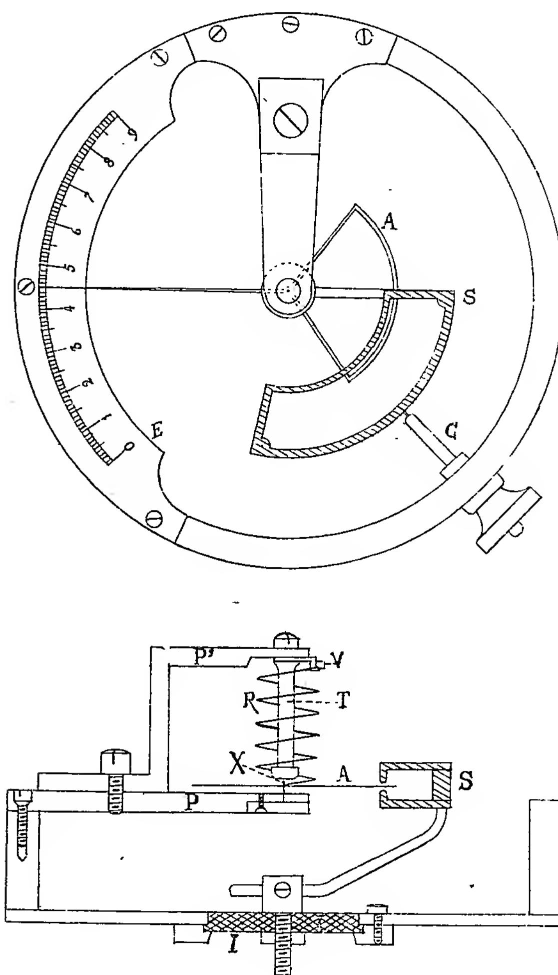
Propriétés. — *L'appareil ainsi monté peut être transporté sans inconvénient*

---

(1) Le modèle de cet appareil a été exécuté dans les ateliers de l'École d'Horlogerie de la Ville de Paris; j'exprime mes meilleurs remercîments à M. Fournier, directeur de l'École, pour son aimable accueil, et à M. Thiébaud, professeur, pour les soins qu'il a bien voulu donner à la construction.

(2) Phillips, *Le spiral réglant* (Académie des Sciences : *Recueil des Savants étrangers*, 28 mai 1860).

quelconque d'un endroit à un autre; il peut être secoué, son aiguille peut être touchée par la main sans que l'appareil se dérègle ou même se décharge. Ces qualités permettent *l'emploi d'une échelle fixe*, empiriquement étalonnée une fois pour toutes, portant parallèlement les indications de voltage



et des divisions correspondant à des valeurs de capacités égales entre elles. A part cette échelle fixe, on peut employer aussi un microscope micrométrique; le fait que l'aiguille ne porte pas de charge permet de s'en approcher très près et d'employer par conséquent un grossissement fort, à quoi sa forme nette se prête très bien. Pour ce mode de lecture, la capacité devient pratiquement indépendante de la déviation et le voltage est proportionnel

à la charge. La grande étendue de l'échelle permet, en outre, plusieurs mesures successives sans qu'on soit obligé de recharger l'appareil.

Sensibilité. — Le modèle décrit étant construit principalement pour les mesures d'ionisation par déperdition, a une sensibilité grande à la charge et modérée au potentiel, qu'on peut encore diminuer à volonté en armant le spiral par V; en tournant la virole V dans le sens contraire, on engage l'aiguille davantage dans le secteur S, ce qui augmente légèrement la sensibilité au potentiel.

En outre les premières divisions correspondent à 250 volts et l'échelle entière représente 1000 volts environ; le courant est donc saturé pour toutes les intensités pratiquement mesurables. Une division de l'échelle fixe vaut 5 volts dont la centième fraction, soit 0,05 volt, est directement lisible avec un microscope muni d'un micromètre. La capacité moyenne de l'appareil est de l'ordre de 2^{cm}. Un courant de l'ordre de 10^{-11} ampère occasionne un déplacement d'aiguille de 1 degré environ par seconde, ce qui équivaut à un mouvement d'index de $0^{mm},7$ par seconde. Un courant de 10^{-13} ampère correspond donc dans le micromètre à un mouvement dont l'ordre est de 1 division de ce micromètre par seconde.

Montages. — L'appareil est placé dans une cage complètement fermée (en haut par une glace) et peut être monté sur un dispositif voulu; pour les mesures de radioactivité les substances peuvent être disposées dans un simple récipient fermé placé directement sous l'appareil.

Un autre modèle permet de charger l'aiguille, soit en vue d'employer une méthode de compensation, soit pour augmenter la sensibilité de l'instrument.

Des appareils inspirés du même principe se prêtent très bien à un certain nombre d'usages pratiques, tels que les mesures rapides des potentiels élevés, mesures d'électricité atmosphérique, mesures de capacités, de conductibilités, de courants d'ionisation, etc.

PHYSIQUE. — *Sur l'absorption de l'ultraviolet par l'ozone et l'extrémité du spectre solaire.* Note de MM. **Ch. Fabry** et **H. Buisson**, présentée par M. Villard.

La limitation du spectre solaire, un peu au-dessous de la longueur d'onde 3000, a été attribuée à l'absorption par l'ozone. Cette hypothèse n'est appuyée que sur l'existence d'une forte bande d'absorption de l'ozone dans l'ultraviolet. Pour la confirmer, des valeurs numériques seraient néces-

saires, d'une part sur l'absorption atmosphérique, d'autre part sur l'absorption par l'ozone. Nous avons entrepris ces deux séries de déterminations.

Nos mesures sur l'absorption par l'ozone (1) ont été faites par photographie. Le rayonnement d'une lampe en quartz à vapeur de mercure traverse un tube à absorption, dont la longueur (de 9^{mm} à 2^{m}) doit être d'autant plus grande que l'absorption à mesurer est plus faible. Dans ce tube on fait passer un courant d'oxygène ozonisé dont la teneur en ozone est dosée, à la sortie, par la méthode de Ladenburg et Quasig (2). Une image de la lampe est projetée sur la fente d'un spectroscope photographique en quartz (3).

Sur une même plaque photographique, on fait successivement, avec la même durée, une pose avec la lumière qui a traversé l'ozone, sans absorption, mais avec des affaiblissements gradués, obtenus en diaphragmant la face de sortie du dernier prisme. Les intensités lumineuses ainsi réduites sont proportionnelles aux surfaces des diaphragmes tant que ces surfaces sont complètement et uniformément illuminées et tant que les phénomènes de diffraction n'interviennent pas. La fente du spectroscope a 1^{mm} de longueur et $0^{mm},5$ de largeur, de manière que l'image de chaque raie est représentée par un petit rectangle.

Après développement du cliché, on mesure au microphotomètre (4), pour chaque raie, l'opacité de chacune des images. En interpolant l'opacité de celle qui a été obtenue à travers l'ozone parmi les opacités des images produites par les intensités lumineuses connues, on obtient l'intensité de la radiation affaiblie par l'absorption.

Les résultats s'expriment par les valeurs de la constante d'absorption α, définie par la formule

$$I = I_0 . 10^{-\alpha d},$$

dans laquelle I et I_0 sont les intensités avant et après l'absorption et d l'épaisseur, en centimètres, d'ozone gazeux pur, ramené à 0° et 76^{cm}, traversée par la lumière :

λ.	α.	λ.	α.	λ.	α.
2300	50	2700	91	3100	1,23
2400	95	2800	46	3200	0,35
2500	120	2900	16,6	3300	0,093
2600	120	3000	4,6	3400	0,025

(1) Les mesures, actuellement publiées (MEYER, *Annalen der Physik*, t. XII, 1903, p. 849; KRÜGER et MOELLER, *Physikalische Zeitschrift*, t. XIII, 1912, p. 729), ne s'étendent qu'aux longueurs d'onde inférieures à 3000, et, pour cette dernière radiation, les valeurs de la constante d'absorption sont très discordantes dans le rapport de 1 à 4, ce qui rend impossible la comparaison avec l'absorption atmosphérique.

(2) Voir TREADWELL, *Chimie analytique*, t. II, p. 631.

(3) *Journal de Physique*, 1910, p. 932.

(4) *Comptes rendus*, 3 février 1913.

Le maximum d'absorption a lieu vers 2550. Dans cette région l'absorption est énorme : une couche de 25^{μ} d'ozone pur réduirait l'intensité à moitié; à égalité de masse l'ozone est plus absorbant que les métaux dans le spectre visible.

Entre les longueurs d'onde 2900 et 3300, l'absorption varie rapidement; dans cet intervalle, seul intéressant pour la comparaison avec l'absorption atmosphérique, la constante α peut être représentée par la formule empirique

$$\log \alpha = 17,58 - 0,00564\,\lambda, \tag{1}$$

dans laquelle λ est la longueur d'onde exprimée en angströms.

Si, sur un faisceau de lumière à spectre continu, on interpose une couche de gaz contenant de l'ozone, la rapide variation de α en fonction de λ produit une limitation très brusque de l'extrémité ultraviolette du spectre, et la limite recule vers les grandes longueurs d'onde à mesure que croît l'épaisseur de gaz. Pour trouver la loi de variation de cette limite en fonction de l'épaisseur d'ozone, admettons que le spectre cesse d'être observable lorsque l'intensité est réduite par absorption à la fraction $\frac{1}{n}$ de l'intensité incidente. La limite sera définie par $10^{\alpha d} = n$, ou, en prenant deux fois les logarithmes, $\log \alpha + \log d = \text{const.}$ Remplaçant $\log \alpha$ par sa valeur (1), on trouve pour la limite du spectre après absorption

$$\lambda = 177 \log d + \text{const.}$$

Lorsque la lumière solaire traverse l'atmosphère, la longueur du chemin parcouru dans chaque couche, et par suite l'épaisseur totale d'ozone traversée varie, tant que le Soleil n'est pas trop bas sur l'horizon, comme $\frac{1}{\cos z}$, z étant la distance zénithale, et cela quelle que soit la répartition de l'ozone en altitude. L'équation qui donne la limite λ du spectre solaire doit donc être, si c'est l'ozone qui produit l'absorption, $\lambda = \text{const.} - 177 \log \cos z$.

Or Cornu a donné, il y a 30 ans ([1]), une formule empirique reliant λ et z, qui, résolue par rapport à λ, donne $\lambda = \text{const.} - 200 \log \cos z$.

Ces deux formules sont de même forme, et les valeurs du coefficient de $\log \cos z$ sont peu différentes. Si l'on tient compte de l'absorption, due à la diffusion atmosphérique, qui varie avec la longueur d'onde beaucoup moins vite que l'absorption par l'ozone, la concordance est encore amé-

---

([1]) *Journal de Physique*, 1881, p. 5, et *Comptes rendus*, t. 111, 1890, p. 941.

liorée. Les observations de Cornu sont donc en accord avec l'hypothèse de l'absorption de l'ozone.

Les résultats qui précèdent laissent indéterminée la quantité d'ozone présente dans l'atmosphère; pour la fixer, il faudrait avoir une valeur numérique de l'absorption atmosphérique. De quelques mesures faites pendant l'été peu favorable de 1912, nous pouvons déduire que, pour la radiation 3000, le Soleil étant au zénith, la proportion de lumière transmise est de l'ordre de $\frac{1}{100}$. Pour produire cette absorption, il faut que l'atmosphère contienne une quantité d'ozone équivalente à une couche de 5^{mm} d'ozone pur. Si ce gaz était réparti uniformément, la proportion en volume serait de $0^{cm^3},6$ par mètre cube d'air, quantité bien supérieure aux teneurs mesurées par analyse chimique. L'hypothèse la plus probable est que l'ozone existe seulement dans la très haute atmosphère, où il serait produit par la partie extrême du rayonnement ultraviolet solaire, qui, étant fortement absorbée par l'oxygène, ne peut agir que sur les premières couches de l'atmosphère.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le rayonnement secondaire produit par les rayons α.* Note de M. **B. Bianu**, présentée par M. Villard.

L'étude du rayonnement secondaire produit par les rayons α a été l'objet de plusieurs recherches entreprises par MM. Campbell (1), Bumstead (2), Kleeman (3) et Pound (4).

Tous ces physiciens employaient un vide assez avancé et l'existence d'un rayonnement secondaire était mise en évidence par les charges. Nous avons essayé l'étude de la même question en employant une méthode différente qui consiste dans la mesure du courant produit dans une chambre d'ionisation, par le rayonnement provenant d'une surface métallique frappée par les rayons α du polonium.

En conséquence, cette méthode ne nous a permis d'étudier que le rayonnement secondaire d'incidence.

---

(1) N. Campbell, *Phil. Mag.*, t. XXII, 1911, p. 276-302; t. XXIII, 1912, p. 462-483; t. XXIV, 1912, p. 46-64.

(2) H.-A. Bumstead, *Ibid.*, t. XXII, 1911, p. 907-922.

(3) R.-D. Kleeman, *Ibid.*, t. XXIV, 1912, p. 198-207.

(4) V.-E. Pound, *Ibid.*, t. XXIII, 1912, p. 813-837.

La figure 1 indique le dispositif employé : A est le plateau métallique qui produit le rayonnement secondaire dû au bombardement par les particules α provenant du

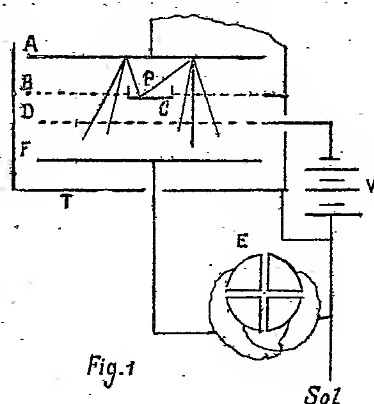


Fig. 1

polonium P contenu dans la cuvette C (ce plateau pouvait être mis au sol ou à un potentiel quelconque); B est une toile métallique reliée à la cage T et au sol; D une autre toile chargée par la batterie V, et F le plateau relié à l'électromètre E. Le tout est couvert par une cloche où l'on fait le vide à l'aide d'une trompe à mercure.

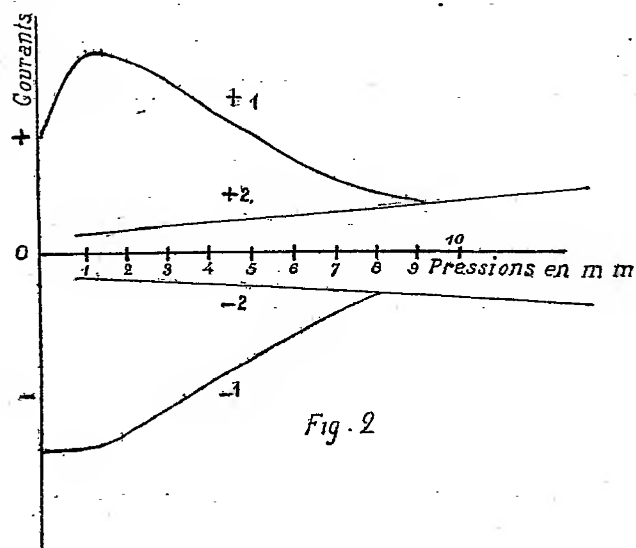


Fig. 2

On remarque que, dans la chambre d'ionisation DF, on ne reçoit que le rayonnement obtenu par réflexion sur le plateau A, et la diffusion des ions produits par les rayons α est arrêtée par le champ créé entre B et D. En maintenant fixe le plateau A et en faisant varier la pression, on obtient la courbe du courant à distance constante et à pression variable. L'appareil, étant placé entre les pôles d'un électro-aimant, nous permettait d'établir divers champs magnétiques. Les résultats obtenus sont indiqués

sur la figure 2. La courbe +1 représente le courant positif en fonction de la pression et la courbe +2 le même courant, lorsqu'on fait agir un champ d'environ 200 unités et qui reste sensiblement la même pour des valeurs plus grandes du champ magnétique. Les courbes —1 et —2 représentent le courant négatif dans des conditions analogues.

Ces résultats nous obligent d'admettre l'existence d'un rayonnement très absorbable provenant du plateau A, qui peut ioniser et dont la charge a été trouvée négative; c'est donc un rayonnement électronique.

Sur ce point nous sommes en désaccord avec les auteurs cités plus haut, et dont les expériences semblent démontrer que la vitesse du rayonnement secondaire serait inférieure à la vitesse nécessaire pour ioniser les gaz.

Au contraire, l'étude des projections radioactives (¹) a montré l'existence d'un rayonnement très absorbable et facilement déviable par un faible champ magnétique, et qui présente quelques analogies avec le rayonnement que nous avons trouvé.

Ainsi, la distance entre le plateau A et la toile D de la chambre d'ionisation étant de 10^{mm}, le rayonnement secondaire parcourt cette distance à la pression d'environ 10^{mm} de mercure; le produit du parcours par la pression est donc égal à 100. Étant donnée l'incertitude sur la fin du parcours, ce nombre ne peut être considéré que comme approximatif.

Une feuille d'aluminium battu d'environ $0^{\mu},5$ d'épaisseur suffit pour arrêter complètement le rayonnement secondaire.

Des valeurs du champ magnétique nécessaire pour supprimer le rayonnement secondaire nous avons déduit l'ordre de grandeur de la vitesse des particules constituantes. Pour qu'aucune particule n'arrive à la chambre d'ionisation il faut que le rayon du cercle décrit dans le vide, sous l'action du champ magnétique, soit égal à 10^{mm} pour les rayons normaux au plateau A et de $\frac{10}{2}$ pour les rayons qui ont une direction tangentielle.

Portant cette dernière valeur dans la formule connue $R = \frac{mV}{eH}$, on en déduit pour la vitesse correspondante $1,8 \times 10^9$ cm : sec.

En constituant successivement le plateau A par divers métaux tels que : aluminium, zinc, cuivre et plomb, on constate que la différence entre les courants sans champ magnétique et les courants obtenus en présence du champ est à peine modifiée; au contraire la valeur des courants avec le

(¹) L. Wertenstein, *Radium*, t. IX, janvier 1912. — B. Bianu et L. Wertenstein, *Radium*, t. IX, octobre 1912.

champ magnétique augmente d'autant plus que le poids atomique du métal est plus élevé.

Nous pensons pouvoir expliquer cet effet par une ionisation due aux rayons α réfléchis ou diffusés par la surface du métal, conformément à ce qu'ont observé, par la méthode des scintillations, MM. Geiger et Marsden (1).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Équilibre chimique dans l'action du gaz chlorhydrique sur le sulfate de zinc.* Note de M. **Camille Matignon**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Considérons l'équation chimique suivante :



$$(n+1)SO^4Zn_{sol.} + 2HCl_{gaz.} = SO^4H^2 nSO^4Zn_{sol.} + ZnCl^2_{sol.}.$$

Si le gaz chlorhydrique peut effectivement agir sur le sulfate de zinc, l'acide sulfurique mis en liberté se combinera sans doute avec le sulfate de zinc en excès pour engendrer un corps solide acide, en vertu d'une propriété des sulfates qui paraît générale.

L'expérience vérifie cette prévision. Le sulfate de zinc anhydre se dissout en effet abondamment dans l'acide sulfurique chaud et la solution abandonne par refroidissement de magnifiques et longues aiguilles soyeuses d'un sulfate acide.

Ces aiguilles, décantées rapidement et abandonnées successivement sur plusieurs plaques poreuses, dans un milieu sec, ont été analysées, à différentes phases de l'essorage, en chassant l'acide sulfurique combiné.

	Perte	
	trouvée.	calculée $SO^4Zn\,SO^4H^2$.
I.	41,0	37,8
II	39,1	
III	38,7	

Ces nombres ne laissent aucun doute sur la composition de la combinaison $SO^4H^2SO^4Zn$; il est d'ailleurs impossible de la débarrasser complètement de l'acide qui l'imprègne encore.

J'ai vainement essayé de déterminer la chaleur de formation de cette

(1) Mme P. Curie, *Traité de Radioactivité*, t. II, p. 176.

combinaison double à partir de ses deux constituants solides. Le phénomène à mesurer est très faible, de l'ordre de grandeur des erreurs faciles à commettre par suite de la présence d'un reste d'acide non combiné et toujours un peu hydraté pendant les manipulations du sel.

Les analogies comme la discussion des résultats des divers essais indiquent pour ε un nombre inférieur à 4^{Cal} :

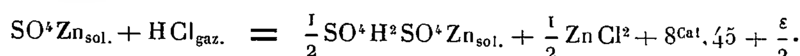


$$SO^4H^2_{sol.} + SO^4Zn_{sol.} = SO^4H^2SO^4Zn_{sol.} + \varepsilon.$$

Le dégagement thermique qui correspond à l'équation initiale est de

$$8^{Cal},45 + \frac{\varepsilon}{2},$$

$\frac{\varepsilon}{2}$ étant compris entre o et 2^{Cal} :



$$SO^4Zn_{sol.} + HCl_{gaz.} = \frac{1}{2}SO^4H^2SO^4Zn_{sol.} + \frac{1}{2}ZnCl^2 + 8^{Cal},45 + \frac{\varepsilon}{2}.$$

Ce système chimique ne contient que des corps solides et un gaz; par suite la réaction doit être réversible si la chaleur de réaction rapportée à une molécule gazeuse est supérieure à la chaleur de sublimation du gaz chlorhydrique, dont la valeur approchée est de $5^{Cal},7$ (¹). L'écart assez considérable entre $8^{Cal},45 + \varepsilon$ et $5^{Cal},67$ ne laisse aucun doute sur la réversibilité de la réaction formant un système monovariant.

La température normale absolue T de dissociation du système sera donnée approximativement par la relation $\frac{Q}{T} = 0^{Cal},032$ (²).

On en déduit

$$T = \frac{8,45}{0,032} + \frac{\varepsilon}{2 \times 0,032},$$

ou, en tenant compte des limites de ε,

$$264 < T < 326,$$

et en degrés centigrades

$$-9° < t < 53°.$$

1° J'ai vérifié que les cristaux du sel acide décomposent le chlorure de zinc à la température ordinaire et que la décomposition peut être complète.

2° Le sulfate de zinc, placé dans une boule remplie de gaz chlorhydrique

(¹) MATIGNON, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. XIV, p. 31.

(²) MATIGNON, *Comptes rendus*, t. **128**, 1899, p. 103, et t. **140**, 1905, p. 512.

et soudée à un tube recourbé formant manomètre, ne manifeste à la température ordinaire aucune action sur le gaz. Du 10 juillet au 10 octobre 1908 le niveau du mercure dans le tube manométrique n'a pas indiqué d'autre variation de pression que celle due aux variations de température extérieure. A la température ordinaire, la pression atmosphérique est donc inférieure à la pression de dissociation.

Mais si l'on plonge la boule dans un mélange réfrigérant glace et sel, l'élévation continue de la colonne mercurielle ne laisse aucun doute sur l'absorption du gaz chlorhydrique. La réaction est donc bien réversible.

3° J'ai déterminé la pression de dissociation à la température de la glace fondante. L'une des branches d'un long tube en U vertical formant manomètre est recourbée et terminée par une boule contenant du sulfate de zinc. Du mercure remplissant la partie inférieure du tube en U isole le gaz chlorhydrique qui remplit la boule et la branche manométrique correspondante.

La boule est placée dans un vase de Dewar rempli de glace fondante. En renouvelant celle-ci une fois chaque jour, on a pu maintenir la boule à 0° pendant 3 mois.

Au début de l'expérience, la pression du gaz atteignait 790^{mm}; 7 heures après, elle était égale à la pression atmosphérique; elle diminua ensuite, mais de plus en plus lentement, pour ne plus manifester de variation sensible après 3 mois. L'expérience, commencée le 24 novembre 1908, a été considérée comme terminée le 13 février suivant. J'ai ainsi trouvé, à 0°, $387^{mm},6$.

4° La connaissance de cette pression permet de déterminer facilement, d'une façon très approchée la température pour laquelle la pression est 760^{mm}. Comparons, en effet, le système en équilibre avec celui de la dissociation de $ZnCl^2 . 4AzH^3$ en $ZnCl^2 . 2AzH^3$ et $2AzH^3$ (¹) :

Pression de dissociation.	Température absolue de dissociation.	
	SO^4Zn.	$ZnCl^2.4AzH^3$.
$387^{mm},6$	273°	347°
760	x	362°,7

Nous en déduisons $x = 285°,3$ absolus ou 12°,3 C.

Ainsi, c'est vers 12° que la pression de dissociation du système est normale; j'avais prévu qu'elle était comprise entre − 9° et 53°.

(¹) Isambert, *Annales de l'École Normale*, 1868, p. 129.

Comme conclusion, on peut calculer pour ε la valeur $1^{Cal},36$.

En résumé, la connaissance de la chaleur dégagée dans le système considéré m'a permis de prévoir la réversibilité de la réaction et de déterminer *a priori*, au moins d'une façon approchée, la pression normale de dissociation et, par suite, la courbe de dissociation du système monovariant.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les protosulfures anhydres des métaux alcalins.* Note de MM. É. **Rengade** et N. **Costeanu**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Les protosulfures anhydres des métaux alcalins sont encore, à l'heure actuelle, très mal connus, et n'ont pu jusqu'ici être obtenus à l'état de pureté rigoureuse.

La déshydratation des sulfures préparés par voie aqueuse entraîne toujours une attaque importante des récipients, ainsi que l'a montré M. Paul Sabatier (1). Le procédé employé plus récemment par M. Hugot (2), action du soufre sur un excès de potassium ou de sodium dissous dans l'ammoniac liquéfié, conduit à de bien meilleurs résultats; cependant, on ne peut éviter complètement la formation simultanée d'une petite quantité d'amidure; et la présence, même en proportion très faible, d'une impureté aussi active dans les corps obtenus, peut en modifier notablement les propriétés. En outre, les sulfures ainsi préparés se présentent sous l'aspect d'une masse amorphe, ou, du moins, dans laquelle il est impossible de déceler l'état cristallin.

Nous avons pensé obtenir de meilleurs résultats en appliquant la méthode qui avait permis à l'un de nous (3) d'isoler pour la première fois les protoxydes alcalins anhydres : combinaison directe du soufre avec un grand excès de métal, dont on se débarrassera ensuite en le distillant dans le vide. Si les sulfures sont, comme les oxydes, solubles dans les métaux correspondants, ils devront se déposer cristallisés.

L'expérience est cependant beaucoup moins aisée à conduire, et nous avons dû nous livrer à de nombreux tâtonnements avant d'arriver à des résultats convenables. Les meilleurs ont été obtenus en faisant réagir le soufre en vapeur sur le métal fondu, dans un tube de verre en forme d'∩ dans lequel on a fait le vide, les deux branches

(1) P. Sabatier, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 5e série, t. XXII, 1881, p. 25.

(2) Hugot, *Ibid.*, 7e série, t. XXI, 1900, p. 72.

(3) E. Rengade, *Ibid.*, 8e série, t. XI, 1908, p. 348.

étant séparées par une partie capillaire. Le métal alcalin était distillé au préalable dans l'appareil lui-même, au moyen d'un ajutage latéral qu'on scellait ensuite, de manière à éviter toute trace d'oxyde. Le tube était alors maintenu pendant plusieurs heures à une température convenable, variant de 200° à 300°. La tension de vapeur du soufre étant beaucoup plus forte que celle du métal alcalin, la combinaison se produit intégralement dans l'une des branches du tube : il ne reste plus qu'à distiller le métal en excès, à travers la partie capillaire, dans l'autre branche maintenue froide, et à séparer par un trait de chalumeau l'ampoule contenant le sulfure.

Le composé est analysé en ouvrant sous l'eau la pointe de l'ampoule. La dissolution s'effectue immédiatement avec un grand dégagement de chaleur, en donnant un liquide parfaitement limpide et incolore que l'on oxyde au moyen d'eau oxygénée chimiquement pure en présence d'ammoniaque. On chasse ensuite celle-ci par évaporation à sec dans une capsule de platine, et l'on s'assure que le liquide repris par l'eau est rigoureusement neutre à l'hélianthine, ce qui exclut la formation possible de sous-sulfure. On dose enfin le soufre sur une partie aliquote au moyen du chlorure de baryum, et le métal alcalin sur une autre prise d'essai, par évaporation à sec.

Les chiffres trouvés vérifient parfaitement les formules des protosulfures :

	Na^2S		K^2S		Rb^2S	
	trouvé.	calculé.	trouvé.	calculé.	trouvé.	calculé.
Soufre........	41,03	41,08	29,06	29,09	15,92	15,80
Métal alcalin...	58,86	58,92	70,56	70,91	84,12	84,20

Les produits obtenus ont l'aspect de poudres blanches à la température ordinaire, paraissant cristallines au microscope, tout au moins pour les deux derniers, mais en grains très petits. En élevant la température, la couleur vire au jaune. A 300° le sulfure de potassium est jaune pâle, le sulfure de rubidium est un peu plus foncé. Nous avons également pu préparer un échantillon de sulfure de cæsium : il est encore blanc à froid (¹). Si l'on se rappelle que le protoxyde de rubidium est jaune à la température ordinaire et le protoxyde de cæsium d'un beau rouge, on voit que les sulfures alcalins sont moins colorés que les oxydes.

Ils sont également bien moins solubles dans le métal, et c'est ce qui explique qu'ils cristallisent beaucoup plus difficilement. On parvient cependant à obtenir des cristaux bien formés en évaporant une quantité suffisante de solution saturée. La solubilité croît avec le poids atomique. On a des cristaux microscopiques avec le rubidium et le potassium, et des aiguilles

(¹) Nous n'avons pu faire l'analyse de ce produit, faute d'une quantité suffisante de matière première, que nous sommes en train de préparer; on ne peut trouver en ce moment de sels de cæsium dans le commerce.

de plusieurs millimètres avec le cæsium. Nous n'avons pas pu encore obtenir de cristallisation nette avec le sulfure de sodium, qui doit être extrêmement peu soluble. Nous comptons d'ailleurs revenir prochainement sur les propriétés de ces cristaux.

Au point de vue chimique, les protosulfures alcalins paraissent plus stables que les oxydes correspondants : la lumière ne semble pas les altérer. Le mode de préparation indiqué par M. Hugot montre également qu'ils ne sont pas décomposés par l'ammoniac anhydre, contrairement aux protoxydes qui, on le sait, sont immédiatement dédoublés en bioxyde et métal. La chaleur est également sans action sur eux jusqu'au point de ramollissement du verre; mais, à cette température, ils fondent en se colorant en rouge et se transforment en persulfures en dégageant des vapeurs métalliques. On retrouve donc ici le même mode de décomposition qu'avec les protoxydes.

Les sulfures alcalins sont très oxydables; il suffit de les toucher en un point avec une pointe de verre chauffée pour qu'ils deviennent incandescents et brûlent comme de l'amadou. A froid, le sulfure de sodium n'est que lentement attaqué à l'air; les autres tombent rapidement en déliquescence. Projetés dans l'eau, ils se dissolvent tous avec bruissement et dégagement de chaleur, mais sans explosion.

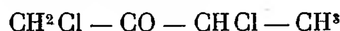
Nous poursuivons l'étude de ces corps.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Migration du chlore dans les cétones halogénées.* Note de M. E.-E. BLAISE, présentée par M. A. Haller.

Comme je l'ai montré dans une Note précédente, l'hydrolyse du cycloacétal oxyisobutyrique de la dichlorométhyléthylcétone fournit, en même temps que cette cétone, une petite quantité d'un corps dont le point d'ébullition est plus élevé d'environ 20°. L'analyse montre que ce corps est un isomère du premier. D'autre part, il est également cétonique, car il donne une semi-carbazone. L'hydrolyse fournit donc deux cétones dihalogénées isomères; or, comme celles-ci ne peuvent différer par la forme de la chaîne carbonée, elles diffèrent nécessairement par la position des 2^{at} d'halogène. Comme, enfin, dans le chlorure de dichloracétyle, qui est la matière première pour la préparation du cycloacétal, les 2^{at} de chlore sont fixés au même atome de carbone, il faut qu'il se soit produit une migration au cours de l'hydrolyse. Si, en effet, on chauffe la dichlorométhyléthylcétone pure avec un mélange d'acide chlorhydrique et d'acide acétique au bain-marie, pendant 6 heures, on constate, en fractionnant la cétone régé-

nérée, que l'isomérisation s'est produite dans la proportion de 50 pour 100. Il y a donc là un nouveau cas de migration de l'atome d'halogène.

Étant donné que la cétone résultant de la migration possède un point d'ébullition plus élevé que celui de la dichlorométhyléthylcétone, on en peut conclure que les deux atomes de chlore n'y sont pas fixés au même atome de carbone et il paraît, dès lors, logique d'admettre, pour le produit de transposition, la constitution suivante :

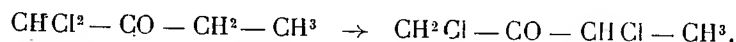


$$CH^2Cl - CO - CHCl - CH^3$$

qui correspond à la migration d'un atome de chlore de 1 en 3. Or Vladesco, en traitant la méthyléthylcétone par le chlore, obtint une cétone dihalogénée à laquelle il attribua la constitution $CH^3-CO-CCl^2-CH^3$ (*Bull. Soc. ch.*, 3e série, t. VI, p. 830). Mais Faworsky et Desbout (*J. f. pr. Ch.*, 2e série, t. LI, p. 449, et *Bull. Soc. ch.*, 2e série, t. XIV, p. 1195) ayant préparé cette dernière par fixation de l'acide hypochloreux sur le diméthylacétylène, constatèrent qu'elle est absolument différente de la cétone de Vladesco. Ils en conclurent que la méthyléthylcétone dichlorée obtenue par ce chimiste répondait probablement à la constitution $CH^2Cl-CO-CHCl-CH^3$. Suivant mes prévisions, elle devait donc être identique à la cétone dihalogénée que j'avais obtenue par transposition. Je fus donc amené à reprendre l'étude de la chloruration, de la méthyléthylcétone. La réaction a été effectuée en présence d'eau et de marbre et j'ai constaté que, dans des conditions qui seront exposées dans un Mémoire développé, on obtient ainsi, pour une partie de $CHCl^2-CO-C^2H^5$, six parties de $CH^2Cl-CO-CHCl-CH^3$ et quatre parties de $CH^3-CO-CHCl^2-CH^3$.

Le premier de ces corps a été identifié avec celui que j'ai obtenu par hydrolyse normale du cycloacétal correspondant; le troisième est identique au produit obtenu par Faworsky et Desbout; il bout en effet à 112°-113°, sous la pression atmosphérique, comme l'ont indiqué ces auteurs. Toutefois, le point d'ébullition qu'ils ont observé sous pression réduite (36°-38° sous 23mm) paraît fort peu vraisemblable, *a priori;* j'ai trouvé, en effet, 31° sous 33mm-34mm. Quant au second corps, celui qu'avait préparé Vladesco, il bout à 165° sous la pression atmosphérique, ou à 60° sous 13mm. Il s'est montré identique à la cétone dihalogénée que j'ai obtenue par transposition de la dichlorométhyléthylcétone; tous deux, dans des conditions convenables, donnent la même semi-carbazone, cristallisant en lamelles brillantes et fondant à 114°.

La constitution de la dichlorométhyléthylcétone et celle de la méthyl-α-dichloréthylcétone étant indiscutables, il en résulte que la constitution de la troisième cétone dihalogénée se trouve également établie. Si donc on chauffe au bain-marie une cétone dihalogénée dissymétrique avec un mélange d'acide acétique et d'acide chlorhydrique, il se produit une migration d'un atome de chlore, la molécule tendant vers un degré de symétrie plus élevé :



$$CHCl^2 - CO - CH^2 - CH^3 \rightarrow CH^2Cl - CO - CHCl - CH^3.$$

La migration semble d'ailleurs se faire d'autant plus facilement, au moins dans certaines limites, que la proportion d'acide chlorhydrique est plus grande.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation catalytique de l'acétone.* Note de M. **A. Lassieur**, présentée par M. A. Haller.

On sait que les cétones, hydrogénées au-dessous de 200° en présence de nickel réduit, fournissent les alcools secondaires correspondants, sans réaction accessoire; cependant la réduction peut aller plus loin et conduire aux carbures saturés; c'est ainsi que M. Darzens a obtenu l'éthylbenzène à partir de l'acétophénone.

Si la température est plus élevée, les choses se passent différemment : nous avons montré, M. Haller et moi (*Comptes rendus*, t. 150, p. 1013), que la méthylnonylcétone, hydrogénée à la température de 300°, ne fournit pas d'alcool en quantité appréciable, mais divers produits, parmi lesquels une cétone $C^{22}H^{44}O$ de poids moléculaire double de la cétone primitive. Il y a aussi réduction plus avancée, rupture de la chaîne carbonée avec production de nonane et non pas d'undécane, comme on aurait pu s'y attendre. Désirant généraliser cette réaction, j'ai commencé par l'étude de l'hydrogénation de l'acétone à température élevée.

J'ai opéré, à des températures variant de 200° à 300°, en employant un nickel réduit à 350°. La réduction est conduite très lentement; il est passé environ 5g de produit par heure dans un tube de 80cm de long. La substance hydrogénée possède une odeur particulière très forte, qui n'est ni celle de l'acétone, ni celle de l'alcool isopropylique. Ce liquide, distillé au bain-marie, donne une fraction qui passe de 56° à 65° et qui est constituée par de l'acétone entraînant une petite quantité de produits ne passant pas à la

température du bain-marie. Le résidu, qui représente 30 à 40 pour 100 de l'acétone mise en œuvre, est lavé à l'eau; il se sépare un produit insoluble qui est décanté. Les eaux de lavage, soumises à la distillation, donnent un peu d'acétone, puis de l'eau, mais pas trace de pinacone. La partie insoluble dans l'eau présente les caractères des composés éthyléniques : réduction du permanganate de potasse, décoloration de l'eau de brome; mais si l'on épuise l'action du permanganate, on retrouve le produit débarrassé de composés non saturés, qui n'existent qu'en très faible quantité. Ce liquide, insoluble dans l'eau, est agité avec du bisulfite de soude; il ne tarde pas à se former une combinaison bisulfitique, qui est essorée à la trompe et lavée à l'éther. Cette combinaison, traitée par l'eau acidulée d'acide sulfurique, fournit une huile qui est séparée et séchée. Soumise à la distillation, elle passe presque en totalité entre 114°-117°. C'est un liquide mobile, d'odeur agréable, un peu camphrée. L'analyse lui assigne la formule $C^6H^{12}O$: $D_{18}^{18} = 0,807$; $n_D^{18} = 1,4025$.

Réfraction moléculaire 30,2; calculée 29,9. Sa *semicarbazone*, cristallisée dans l'eau, se présente sous forme d'écailles brillantes, fusibles à 131°-132°. L'*oxime* est un liquide incristallisable, bouillant à 170°-175°.

Cette cétone, oxydée par le mélange chromique, donne des acides solubles dans l'eau, qui, éthérifiés par l'alcool et l'acide sulfurique, fournissent de l'acétate, de l'isobutyrate et de l'isovalérate d'éthyle. Tous ces caractères sont ceux de la méthylisobutylcétone, qui a été préparée déjà par plusieurs auteurs, et notamment par M. Senderens, en faisant passer des vapeurs d'acide acétique et d'acide isovalérique sur de la thorine chauffée à 400°. J'ai comparé les semicarbazones de la cétone que j'ai obtenue et de la méthylisobutylcétone préparée par le procédé de M. Senderens; toutes deux fondent à 131°-132°, et leur mélange conserve le même point de fusion.

Le liquide séparé de la méthylisobutylcétone est séché, un échantillon est acétylé; l'indice de saponification du produit acétyle est très faible : 1,5; il n'y a donc pas eu formation d'alcool pendant l'hydrogénation. Le reste du liquide est soumis à plusieurs rectifications; on isole ainsi une fraction passant de 163° à 168° et des produits à point d'ébullition plus élevé.

Fraction 163°-168°. — C'est un liquide mobile, d'odeur agréable; l'analyse lui assigne la formule $C^9H^{18}O$: $D_{18}^{18} = 0,816$; $n_D^{18} = 1,4212$. Réfraction moléculaire 44,1; calculée 43,70. Ce corps ne donne pas de semicarbazone, mais une oxime, liquide épais, bouillant à 205°-210°. Cette fraction semble identique à la diisobutylcétone ou valérone, qui bout à 165°-166° et dont j'ai préparé l'oxime, bouillant à 205°-210°.

Fraction passant au-dessus de 180°. — De 180° à 270°, on recueille des

produits sans qu'il soit possible d'obtenir de maximum net; il semble cependant qu'il y ait une fraction plus importante que les autres entre 188° et 210°. Ce produit, de consistance sirupeuse, sent fortement le camphre. Avec la semicarbazide, il donne quelques cristaux, mais je n'en ai pas encore poursuivi l'étude.

En résumé, l'hydrogénation de l'acétone, par la méthode de MM. Sabatier et Senderens, à des températures supérieures à 200°, ne fournit ni alcool isopropylique, tout au moins en quantités importantes, ni pinacone, mais de la méthylisobutylcétone en abondance, de plus faibles quantités de valérone, et enfin des produits plus condensés. Il est probable qu'il y a d'abord condensation de l'acétone sur elle-même avec élimination d'eau, pour donner de l'oxyde de mésityle et de l'isophorone qui sont hydrogénées ultérieurement; la présence de composés éthyléniques dans le produit hydrogéné paraît légitimer cette interprétation; d'ailleurs l'acétone passant sur du nickel réduit, à la température de 250°, donne des produits gazeux, provenant de la dislocation de la molécule, et des produits condensés, éthyléniques, dont je suis en train de poursuivre l'étude.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la composition du gaz d'éclairage*. Note de MM. **P. Lebeau** et **A. Damiens**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Nous avons décrit récemment une méthode permettant de déterminer la composition d'un mélange gazeux formé d'hydrogène et d'hydrocarbures saturés ([1]). Cette méthode étant susceptible d'être généralisée, il nous a paru intéressant d'en faire l'application à l'étude de mélanges plus complexes. Nous donnerons aujourd'hui les résultats obtenus pour le gaz de houille. Le premier échantillon examiné était le gaz d'éclairage de Paris, prélevé à l'École supérieure de Pharmacie.

En faisant passer lentement à l'aide de la trompe à mercure un volume connu de gaz d'éclairage dans des condenseurs refroidis par de l'air liquide, on le sépare en deux portions; la première, constituée par les gaz non condensables, contient de l'hydrogène, du méthane, de l'oxyde de carbone, de l'azote et de l'oxygène, et la seconde est formée par les carbures saturés

---

([1]) P. Lebeau et A. Damiens, *Comptes rendus*, t. 156, p. 144 et 325.

homologues du méthane, les carbures éthyléniques et acétyléniques, l'acide carbonique, les vapeurs de carbures lourds et la vapeur d'eau.

Nous avons procédé à l'analyse des produits gazeux résultant de cette première séparation de la façon suivante :

Le premier mélange a d'abord été traité par le pyrogallate de potassium pour absorber l'oxygène, puis par le chlorure cuivreux acide pour doser l'oxyde de carbone.

Après élimination des vapeurs d'acide chlorhydrique, on a procédé à la combustion eudiométrique du mélange d'azote, d'hydrogène et de méthane, en utilisant de l'oxygène pur. L'excès d'oxygène a été ensuite absorbé par le pyrogallate de potassium, ce qui a permis l'évaluation directe de l'azote. On a tenu compte de la petite quantité d'oxyde de carbone qui prend naissance dans cette dernière opération.

Pour recueillir la partie condensable, on a fait l'extraction au moyen de la trompe à mercure en ayant soin de maintenir les condenseurs à — 23° (température d'ébullition de CH^3Cl) pour éviter l'entraînement de la vapeur d'eau et des carbures lourds (1).

Le volume gazeux étant connu, on a dosé l'acide carbonique en l'absorbant par la potasse (2). Les carbures acétyléniques ont été ensuite évalués à l'aide de notre réactif iodomercurique alcalin (3) et le résidu soumis à l'action de l'acide sulfurique à 63° B. qui a enlevé le propylène et ses homologues supérieurs. On a fait alors intervenir le réactif sulfovanadique qui permet de déterminer la proportion d'éthylène. On n'avait plus alors qu'un mélange de carbures saturés gazeux qu'on soumettait au fractionnement de manière à le convertir en portions dont la composition pouvait être déduite de l'analyse eudiométrique. Afin de donner plus de précision à nos résultats, nous avons extrait les gaz dissous dans les réactifs liquides (potasse et iodomercurate).

Outre le gaz d'éclairage de Paris, nous avons analysé de cette façon deux autres échantillons, l'un prélevé à Arcueil et provenant encore d'une grande usine, l'autre préparé dans une usine locale et prélevé à Montlhéry. Les résultats sont consignés dans le Tableau ci-après :

---

(1) A — 23°, la tension de vapeur de la benzine est de 2^{mm} : la quantité entraînée pendant la durée de l'opération est négligeable. Une extraction faite à — 80° (où la tension de la benzine est nulle) nous a donné des résultats identiques.

(2) Dans ces gaz condensables, l'hydrogène sulfuré n'existe pas en quantité appréciable.

(3) P. Lebeau et A. Damiens, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 557.

	Paris.	Arcueil.	Montlhéry.
Oxygène	0,04	0,85 (1)	traces
Oxyde de carbone	5,66	5,08	5,74
Hydrogène	54,08	50,15	55,98
Azote	3,47	8,09 (1)	3,36
Absorbable par KOH (CO^2, etc.)	1,81	3,48	1,65
Méthane	28,59	28,01	29,11
Éthane	0,75	0,77	
Propane	0,12	0,118	0,42
Butane	0,014	0,017	
Carbures acétyléniques	0,096	0,095	0,08
Propylène et homologues	0,48	0,40	0,18
Éthylène	2,12	1,69	1,81
Vapeurs (par différence) (eau, benzol, etc.)	2,77	1,25	1,67
	100,00	100,00	100,00
Volume de gaz analysé	1245,61	899,24	136,44

De ces analyses qui sont certainement les plus complètes qui aient été données jusqu'à ce jour, il résulte que la présence des homologues supérieurs de méthane est rigoureusement établie. Les proportions relatives de ces différents carbures ont pu être déterminées. Il en est de même pour les carbures éthyléniques. En ce qui concerne les acétyléniques, nous avons pu, en opérant sur un volume suffisant de gaz, régénérer ces carbures de leur combinaison mercurique, et constater qu'ils renfermaient surtout de l'acétylène avec de petites quantités de carbures acétyléniques plus lourds.

Il est, en outre, intéressant de remarquer que la proportion d'oxyde de carbone est plus faible que celle qu'on croit généralement exister dans le gaz d'éclairage. Cela tient à ce que le dosage de ce composé est fait dans un mélange ne renfermant que des gaz rigoureusement sans action sur le réactif cuivreux.

---

(1) Nous avons pensé que la présence de cet oxygène pouvait être due à de l'air introduit accidentellement. L'analyse, refaite sur un produit prélevé à quelques jours d'intervalle, nous a montré la même composition. On peut donc admettre qu'à l'endroit où a été fait le prélèvement, la proportion d'oxygène est sensiblement constante. L'analyse peut être interprétée de la façon suivante :

Air	4,25
Azote	4,69

BOTANIQUE. — *La germination des spores d'hiver de* Plasmopara viticola. Note de MM. **L. Ravaz** et **G. Verge**, présentée par M. Prillieux.

L'étude de la germination des spores dormantes de *Plasmopara viticola* paraît avoir rencontré d'importantes difficultés.

M. Farlow (¹), qui l'a tentée le premier, déclare « qu'il n'a pu observer la germination des oospores ». Cornu n'a pas été plus heureux, non plus que Millardet, qui croit d'ailleurs qu'elles germent à la manière des oospores des *Cystopus*. M. Fréchou (²) a bien trouvé « que les spores d'hiver se vident dans l'eau 5 ou 6 jours après leur immersion et que, dans le liquide, on voit nager de nombreuses zoosporidies, mais c'est là une exception; le plus souvent, les spores séjournent plus d'un mois dans l'eau avant d'offrir les premiers symptômes d'une germination qui, dans ces dernières conditions, s'effectue par un tube volumineux et très allongé. Dans les recherches sans nombre que j'ai faites sur ces spores, je n'ai, dit-il, jamais pu obtenir des conidies, ce qui permet de supposer que, pour atteindre ce résultat, l'intervention de la plante nourricière est indispensable ».

M. Viala (³), comme M. Richon, a observé la germination des spores d'hiver par zoospores. J'ai suivi, dit-il, le développement d'œufs « encore attenants au mycélium et qui avaient leur oosphère remplie d'un protoplasma condensé. Le protoplasma est devenu plus grumeux et il s'est bientôt produit des lignes plus sombres séparant des zoospores qui sont sorties au nombre de 10 à 18 de chaque œuf; ces zoospores étaient pourvues de deux cils très longs et se mouvaient rapidement dans l'eau; elles étaient plus petites que celles des conidies ».

D'après M. Prillieux (⁴) au contraire, « il semble que le plus souvent l'œuf germe en émettant un ou plusieurs tubes de germination qui peuvent se redresser et prendre le caractère d'un conidiophore muni de rameaux et tout à fait semblable à ceux qui se produisent sur les feuilles. Les œufs de *Plasmopara viticola* offrent donc dans leur germination la plus frappante analogie avec ce qu'a observé de Bary pour ceux de *Plasmopara omnivora* ». Les dessins qui accompagnent ce texte sont très nets.

Tout autre est le mode de germination que nous avons étudié depuis 1911 et observé chez des milliers de spores dormantes. Voici en quoi il consiste :

L'œuf, placé dans des conditions d'humidité et de température convenables, émet, non pas un véritable conidiophore rigide et ramifié, mais un

(¹) W. G. Farlow, *On the american grape-vine mildew*, 1876.

(²) *Comptes rendus*, 9 février 1885.

(³) P. Viala, *Une mission viticole*.

(⁴) Ed. Prillieux, *Bull. Soc. bot. de France*, 13 juillet 1883.

filament mycélien, grêle, car il ne mesure que 2^{μ}-3^{μ} de diamètre, sinueux et souple, et qui peut atteindre des longueurs fort variables. Tantôt il n'est pas plus long que l'œuf dont il provient, ou le zoosporange qu'il porte, tantôt il est 3, 4, 5 fois plus long, et même quelquefois davantage. Il ne tarde pas à se renfler à son extrémité libre pour donner naissance à UNE conidie ([1]). Cette conidie a la même forme que la conidie d'été, mais elle est beaucoup plus volumineuse : elle mesure en moyenne 33^{μ} de longueur sur 23^{μ} de largeur dans sa partie la plus renflée; elle est sensiblement aussi grosse que l'œuf dont elle provient.

La naissance du filament mycélien sur l'œuf est facile à observer lorsque celui-ci est à peu près dégagé des tissus qui l'entourent. L'examen est plus difficile chez ceux qui sont inclus dans la feuille. On la met en évidence en traitant les fragments de feuille par l'eau de Javel et en colorant par le procédé Mangin.

Quand la conidie a reçu tout le protoplasma de l'œuf, elle se sépare de son support par une cloison, tout comme la conidie d'été. Son contenu se fragmente, une ouverture se fait à son sommet par laquelle sortent, en un ou deux jets, toutes les zoospores qu'elle contient. Ces zoospores sont si nombreuses qu'il ne nous a pas été possible d'en faire une numération exacte. Nous en avons compté jusqu'à 40 par conidie, mais un certain nombre nous ont échappé. Aussitôt sorties de la conidie, elles se séparent les unes des autres et nagent très vite dans l'eau. Elles ressemblent beaucoup aux zoospores d'été par leur forme et leur structure ; elles sont souvent plus grosses, 5^{μ}, et portent des cils parfois terminés par un renflement en massue.

Déposées, dans une goutte d'eau, à la face inférieure des feuilles vivantes de *V. vinifera*, elles nous ont donné, fin février et dans les premiers jours de mars, et les lésions et les conidiophores du mildiou. Elles n'ont donc nul besoin des cotylédons pour reproduire la maladie au printemps.

Pour observer les faits que nous venons de décrire, on peut suivre la technique suivante :

A l'automne, cueillir des fragments de feuilles portant des spores d'hiver, les mettre à la surface du sol ou recouverts de quelques millimètres de terre en plein air de manière qu'ils subissent toutes les intempéries de l'hiver. Pour l'examen, les déchirer en morceaux de quelques dixièmes de millimètre, les placer sur un porte-objet ou dans un cristallisoir très bas avec de l'eau en quantité telle que ces morceaux ne soient immergés que sur la moitié de leur épaisseur ; mettre le tout sous

([1]) Certains œufs émettent deux filaments, et même quelquefois trois.

cloche humide dans une serre ou à l'étuve. Quatre, six, huit jours plus tard, suivant les circonstances, les conidies se montrent sur les bords et dans les déchirures des fragments; on les voit aussi à leur surface, surtout si, après avoir supprimé l'éclairage d'en bas, on fait arriver la lumière d'en haut: elles apparaissent alors comme des gouttelettes très brillantes, cristallisées presque, et d'un si bel aspect qu'elles donnent un des plus brillants spectacles que puisse procurer le microscope.

La recherche des spores d'hiver en germination ne présente donc aucune difficulté; elle est à la portée de toute personne un peu exercée au maniement du microscope. Nous pensons qu'elle pourrait donner aux directeurs de stations d'avertissements viticoles des indications utiles pour la prévision de la *première* invasion du mildiou de la vigne.

ÉCONOMIE RURALE. — *Phénomènes de xénie chez le Blé.* Note de M. L. Blaringhem, présentée par M. Guignard.

En croisant des plantes appartenant à diverses espèces de Blé, j'ai découvert plusieurs cas remarquables de l'influence immédiate du pollen sur la forme de l'embryon hybride, et même sur la portion de l'organisme maternel qui fournit les enveloppes du caryopse. C'est, je crois, le premier exemple de xénie signalé chez le Blé, dont les hybrides sont cependant très étudiés depuis un demi-siècle. Il faut attribuer cette découverte, d'abord au croisement d'espèces élémentaires (et non variétés) distinctes, en second lieu à des perfectionnements techniques qui m'ont permis d'obtenir jusqu'à 16 graines hybrides d'un même épi et surtout à l'obtention imprévue d'une hybridmutation portant sur les caractères morphologiques de l'albumen.

Les exemples signalés par Föcke (1881) de déformation des fruits de *Citrus*, *Vitis*, *Pirus*, *Cucumis*, *Solanum*, *Chamærops*, par la pollinisation étrangère sont discutables, mais on n'a aucun doute sur l'existence et la nature [1] de la xénie chez le Maïs à grains sucrés (de Vries, Weber, Correns), chez les Pois ridés (Correns, Tschermak)

(1) Le 4 avril 1899, M. Guignard signalait à l'Académie la découverte, par des observations cytologiques, de la double fécondation chez les Angiospermes; le 4 décembre 1899, M. de Vries en fournissait des preuves morphologiques en exposant à l'Académie la véritable nature de la xénie, ou fécondation de l'albumen, du Maïs. Le 26 mars 1900, M. de Vries annonçait à l'Académie la redécouverte des lois de l'hérédité alternante (lois de Mendel découvertes en 1863, mais oubliées), résultant précisément d'expériences avec le Maïs que la découverte récente de la double fécondation avait permis d'interpréter.

et les embryons de *Matthiola* (Correns), et peut-être chez le Seigle (Giltay, Tschermak); le pollen de Maïs à grains amylacés provoque le gonflement des ovaires de Maïs à grains ridés. On ne peut, toutefois, parler ici de déformation de caryopse; les différences de taille et de forme des embryons et des réserves entre les variétés croisées sont trop faibles pour entraîner des changements notables. Il serait facile de produire la déformation pour le Maïs; l'embryon du Maïs Cuzco du Pérou (*Z. Mays macrosperma* Kl.), entouré de son albumen, atteint en moyenne 20^{mm} de long, 15^{mm} de large et 6^{mm} d'épaisseur; s'il domine par ces caractères le *Z. Mays saccharata* du groupe *vulgaris*, il devra se loger dans un ovaire de $10 \times 12 \times 3,5^{mm}$, ce qui entraînera des déformations notables; cette expérience ne peut être tentée en Europe, où le Maïs Cuzco ne mûrit pas.

Des combinaisons hybrides analogues d'espèces élémentaires différant par la forme

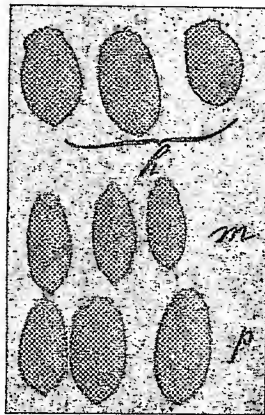


Fig. 1. — Grains de blé vus de dos; *h*, hybride montrant l'influence paternelle *p* par le gonflement du caryopse qui devrait être de la taille de *m*.

des ovaires et par la taille des embryons, ou de leurs annexes, m'ont conduit à la découverte de la xénie chez le Blé. Le résultat fut très marqué en fécondant un *Triticum durum* d'Algérie (grain 8^{mm} long, section triangulaire 3,5 large) par le pollen du Blé Ulka nº 14 (*Tr. vulgare lutescens* Kcke, à petits grains arrondis, amylacés, 6^{mm} long sur 3^{mm} large); les grains hybrides obtenus offrent la taille des grains maternels avec l'albumen amylacé et globuleux paternel, et l'on peut, à l'aide de cribles, séparer les caryopses autofécondés des caryopses hybrides.

Ces phénomènes ont échappé à l'attention des hybrideurs de Blé (H.-L. Vilmorin, Rimpau, Biffen, Nilson-Ehle), sans doute parce que les opérations du croisement, délicates, fournissent en général un petit nombre de grains déformés. Or, dans une même opération très réussie de 1912, j'ai obtenu 16 grains hybrides d'un seul épi.

La fécondation d'un épi du *Tr. turgidum gentile* Al. var. Normandie (Kornicke und Werner, *Getreidebau*, t. II, p. 398) par le pollen du *Tr. vulgare lutescens* Bastard (collection Hohenheim, 1910) m'a fourni 16 grains bien

venus; la comparaison de cette récolte avec celle d'un épi de même vigueur de la plante mère, portant 43 grains, fit apparaître des différences notables, à peine atténuées par la comparaison avec la récolte de l'épi le mieux développé de cette même plante (63 grains). Voici les résultats des mesures :

1° Par le crible de Svalöf séparant les épaisseurs au $\frac{1}{4}$ de millimètre :

	Diamètres en millimètres.					
	3.	2,75.	2,50.	2,25.	2.	Au-dessous.
Grains hybrides (16)	1	4	9	2	0	0
Épi maternel grêle (43)	0	0	2	6	6	29
Épi maternel fort (63)	0	0	7	25	22	9
Épi paternel fort (62)	0	1	43	14	4	0

2° Des longueurs des grains en millimètres (*fig.* 1) :

	Longueurs en millimètres.					
	6,5.	6.	5,5.	5.	4,5.	4.
Grains hybrides (*h*)	0	0	3	6	4	3
Épi maternel grêle (*m*)	1	8	12	16	5	1
Épi maternel fort	2	10	26	17	7	1
Épi paternel fort (*p*)	4	27	21	7	3	0

3° Des largeurs (grains vus de dos) en millimètres (*fig.* 1) :

16	grains hybrides (*fig.* 1, *h*)	5,4 cm	moyenne	3,38 mm
20	» d'épi grêle maternel (*m*)	5,0	»	2,5
20	» d'épi fort maternel	6,2	»	3,1
20	» d'épi fort paternel (*p*)	7,1	»	3,55

L'albumen des grains hybrides offre donc une largeur intermédiaire entre celles des albumens maternel et paternel; mais les différences sont surtout accusées en ce qui concerne la longueur très réduite et l'épaisseur fortement augmentée, dans des conditions telles que l'hybride se classe nettement hors des limites présentées par les deux parents et nous apparaît comme une hybridmutation (Kreuzungsnova de Tschermak). C'est cette particularité, qui est assez rare, qui m'a permis de découvrir le phénomène de la xénie chez le Blé et de le constater ensuite dans d'autres cas moins évidents.

AGRONOMIE COLONIALE. — *Les variétés d'*Elæis guineensis *Jacq. de la Côte d'Ivoire, et leurs fruits parthénocarpiques.* Note de MM. **C.-L. Gatin** et **C.-M. Bret**, présentée par M. Edmond Perrier.

Il existe, chez les diverses variétés d'*Elæis guineensis* Jacq., à côté des fruits normaux, des fruits plus ou moins bien développés, n'atteignant pas tout à fait la taille des fruits habituels, et qui s'en distinguent par l'absence de graines.

Leur présence avait déjà été signalée par divers auteurs, et en particulier par M. Aug. Chevalier (¹).

Un régime d'*Elæis*, quelle que soit la variété à laquelle il appartient, présente toujours une faible proportion de ces petits fruits ($\frac{1}{10}$ environ en nombre, $\frac{1}{30}$ environ en poids) dont le poids est généralement de six à huit fois plus petit que celui des fruits normaux,

Au cours d'un séjour a la Côte d'Ivoire, l'un de nous a eu l'occasion de récolter parallèlement des fruits normaux et anormaux appartenant aux diverses variétés locales.

A. — *Elæis nigrescens* A. Chev.

Var. *communis* A. Chev., forme type. — Régime armé de puissantes épines, fruits normaux assez gros, à pulpe huileuse peu épaisse, fibreuse (48 pour 100 du poids total des fruits), contenant un gros noyau à coque très épaisse; fruits anormaux ($\frac{1}{10}$ en nombre), petits, étroits, à pulpe assez abondante, peu huileuse, fibreuse, contenant un petit noyau très dur, très épais, à cavité capillaire.

Var. *communis* A. Chev., forme à coques minces. — Régime à bractées moins abondantes, fruits normaux pas très gros, à pulpe huileuse, plus épaisse que dans la forme précédente (68 pour 100 du poids total du fruit), à noyau ayant une tendance à se réduire, à coque mince se brisant aisément. Fruits anormaux ($\frac{1}{10}$ en nombre) à pulpe huileuse contenant quelques fibres dures ou un noyau rudimentaire tendre.

Var. *pisifera* A. Chev. — Fruits oblongs, à pulpe huileuse très épaisse (84 pour 100 du poids total du fruit), contenant un petit noyau à coque très mince, souvent absente et remplacée par des fibres. Fruits anormaux rares, allongés, constitués par une pulpe renfermant quelques fibres. *Variété intéressante au point de vue cultural, à cause de l'abondance de la pulpe dans les fruits normaux.*

Var. *ceredia* A. Chev. — Régime à bractées très réduites, fruits normaux à pulpe

(¹) Aug. Chevalier, *Documents sur le Palmier à huile* (*Les végétaux utiles de l'Afrique tropicale française*, fasc. 7, Paris, 1910).

épaisse (85 pour 100 du poids total du fruit), à noyau petit à coque mince. Fruits anormaux très nombreux ($\frac{2}{3}$ en nombre), de taille presque égale ($\frac{2}{3}$) à celle des fruits normaux, constitués uniquement par une pulpe huileuse contenant quelques fibres qui, au centre, sont de couleur noire et représentent l'ovaire infécond. Variété intéressante au point de vue cultural, à cause du nombre très grand de ses fruits anormaux ne contenant que de la pulpe.

B. — *Elæis virescens* A. Chev.

Les variétés de cette sous-espèce, moins intéressantes au point de vue cultural, ont donné lieu à des observations de même ordre.

En résumé : 1° Il existe, chez toutes les variétés d'*Elæis* de la Côte d'Ivoire, des fruits parthénocarpiques accompagnant les fruits normaux. Ces fruits sont en proportion constante pour une même variété.

2° Dans le cas de la variété *ceredia*, ils tendent à devenir très nombreux, et la multiplication de leur nombre, par sélection, pourrait enrichir l'Agronomie coloniale d'une variété de choix, d'autant plus que ces fruits sont d'une taille presque égale à celle des fruits normaux.

La sélection des variétés ayant des fruits normaux à noyau réduit et tendre (var. *pisifera*) constitue une autre voie à suivre pour l'amélioration de la valeur économique du Palmier à huile.

3° Les fruits parthénocarpiques qui viennent d'être décrits nous paraissent devoir être rapportés à un cas de parthénocarpie stimulatrice (¹), c'est-à-dire produite à la suite d'une excitation (non d'une fécondation) causée par la pollinisation.

Nous rappellerons que les cas de parthénocarpie sont rares chez les Palmiers, dont les ovaires non fécondés acquièrent généralement un développement insignifiant, puis tombent. Les fruits parthénocarpiques du Dattier du Hamma (²) ne paraissent pas avoir échappé à la fécondation. Par contre, ceux du *Phœnix melanocarpa* Naud (³), de Nice, se produiraient sans fécondation.

Pour appuyer notre manière de voir, il convient surtout de faire inter-

(¹) NOLL, *Ueber Fruchtbildung ohne vorausgegangene Bestaübung* (*Parthenocarpie*) *bei der Gurke* (*Litzber. der Niedersheinges. Natur. u. Heilk. zu Bonn*, 1902).

(²) CH. RIVIÈRE, *Les dattes sans noyaux* (*Journal d'Agriculture tropicale*, t. IX, n° 98, 1909, p. 228-231).

(³) ROBERTSON PROCHOWSKY, *A propos des dattes sans noyaux* (*Journal d'Agriculture tropicale*, t. IX, n° 94, avril 1909, p. 126).

venir, d'une part, la généralité de la production de ces fruits parthénocarpiques chez les diverses variétés d'*Elæis* et, d'autre part, la constance de leur nombre pour une même variété.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *L'ontogénie vasculaire de la plantule du Lupin et ses conséquences pour certaines théories de l'Anatomie classique.* Note de M. **Paul Becquerel**, présentée par M. L. Mangin.

La plantule du Lupin, étudiée en 1858 par Nægeli (1), en 1897 par Kattein (2), en 1901 par Gaston Bonnier (3), en 1912 par H. Compton (4), devrait être parfaitement connue. Cependant il n'en est rien, car à son sujet aucun de ces savants ne s'entend. Nægeli trouve un protoxylème médian centripète jusque vers la base du cotylédon; Kattein ne voit ce faisceau que dans tout l'hypocotyle, alors que Bonnier le constate à sa base, où il le fait former par la réunion de deux faisceaux ligneux de tige après leur torsion. Enfin, Compton suit ce faisceau alterne dans l'hypocotyle et même dans le pétiole cotylédonaire.

Pour découvrir la cause de ces descriptions contradictoires, et pour nous rendre compte de la véritable structure du système vasculaire du Lupin, nous n'avons pas voulu appliquer, comme nos devanciers, l'ancienne méthode classique de l'Anatomie statique, qui consiste à couper *un individu de n'importe quel âge* à ses divers niveaux. Nous avons adopté la nouvelle méthode, beaucoup plus précise, de l'Anatomie dynamique, qui demande *des plantules à tous les stades de leur développement*, pour qu'on puisse exécuter des coupes dans les mêmes organes et au même niveau, afin de constater par comparaison les modifications apportées par le temps.

Cette méthode, introduite par Gustave Chauveaud dans l'étude de l'ontogénie des tissus secréteurs et conducteurs des plantes vasculaires depuis 1891, a déjà fait ses preuves (5). Elle a enrichi la Botanique française de découvertes anatomiques d'une portée considérable.

(1) Nægeli, *Das Wachsthum des Stammes* (*Beitr. z. Wissensch. B. i.* Pl. V, 1858).

(2) Kattein, *Beiträge zur Morphologie der Keimung* (*Unters. Bot. Inst. Tübingen*, 1897).

(3) Gaston Bonnier, *Cours de Botanique*, 1901, *fig.* 542-547, p. 382 et 383.

(4) H. Compton, *An investigation of the seedling structure in the Leguminosæ*, p. 28 et 30 (*Linnean Society's Journal Botany*, june 1912).

(5) Gustave Chauveaud, *L'appareil conducteur des plantes vasculaires et les phases principales de son évolution* (*Ann. sc. nat.*, *Bot.*, 9e série, t. XIII, 1911).

Deux espèces de Lupin ont servi à nos observations, celles déjà employées par nos devanciers, le *Lupinus albus* et le *Lupinus luteus*.

Contrairement à l'habitude des phytonistes, nous avons commencé l'étude du développement de l'appareil vasculaire par la racine, parce que nous avons constaté que les éléments conducteurs, dans la racine, naissent directement du méristème, ce qui est un caractère primitif, tandis que, dans les cotylédons et la gemmule, ils ne naissent qu'indirectement, après différenciation préalable d'une formation procambiale, ce qui est un caractère plus évolué.

Le liber apparaît toujours le premier; les vaisseaux du bois viennent après. Il se forme d'abord deux groupes de vaisseaux à différenciation centripète; ce sont les deux faisceaux alternes de la racine. Plus tard, de nouveaux vaisseaux se forment de chaque côté des faisceaux alternes. Ces vaisseaux n'étant ni centripètes ni centrifuges, tangentiels au liber, sont, d'après l'expression si juste de Chauveaud, des *vaisseaux intermédiaires*. Chaque faisceau alterne de racine, flanqué de ces deux groupes de vaisseaux, a l'aspect d'un Y et non d'un V, comme certains auteurs classiques le figurent.

Une coupe plus âgée nous montre qu'au même niveau, à côté de ces vaisseaux intermédiaires, s'adjoignent d'autres vaisseaux dont la différenciation est centrifuge. Ces vaisseaux vont se superposer au liber. Quelque temps après, entre ces vaisseaux et le liber, apparaît une zone génératrice qui produira du bois superposé secondaire et du liber secondaire.

Ainsi, au même niveau de la racine, se succèdent dans le temps des *vaisseaux alternes centripètes*, des *vaisseaux intermédiaires*, des *vaisseaux superposés centrifuges*. Nous avons donc retrouvé la loi des trois phases alterne, intermédiaire et superposée de l'ontogénie vasculaire qu'a découverte Chauveaud dans toutes les grandes familles de Phanérogames. Cette succession des phases se retrouve également dans la racine d'une même plantule suffisamment développée, en montant de son extrémité plus jeune vers son collet plus âgé.

Mais aussitôt qu'on arrive au voisinage du collet pour le Lupin blanc, ou à la base de l'hypocotyle pour le Lupin jaune, le méristème du cylindre central est frappé comme d'accélération dans sa croissance.

En effet, on assiste à une augmentation du nombre des vaisseaux superposés qui forment les nouveaux faisceaux de la tige, et à une réduction des vaisseaux de toute la phase intermédiaire et d'une partie de la phase alterne. La contiguïté qui existe plus bas entre les vaisseaux de ces trois

phases et qui assure ce que l'on appelle *le passage de la tige à la racine* est ici complètement rompue.

A mesure qu'on monte dans l'hypocotyle, ce phénomène d'accélération embryogénique, comparable au phénomène de la tachygenèse observé par les zoologistes, est plus marqué. La phase alterne et la phase intermédiaire sont plus ou moins réduites. On n'a plus que quatre groupes de vaisseaux centrifuges superposés au liber et deux faisceaux alternes de protoxylème centripète.

Chaque faisceau alterne centripète *n'est ici que la continuation directe du faisceau alterne de la racine qui, sans changer de plan, traverse l'hypocotyle et va se terminer dans le pétiole cotylédonaire*. Ce faisceau qu'ont entrevu Nægeli, Kattein et Compton n'est souvent composé que de deux ou trois vaisseaux. *Au bout d'une vingtaine de jours, ce vaisseau se résorbe.* Le faisceau disparaît, si bien que G. Bonnier ne l'a pas aperçu.

Cet auteur nous dit que les quatre faisceaux ligneux centrifuges superposés aux quatre massifs libériens, dans leur descente vers la base de l'hypocotyle, se rapprochent deux à deux par leur pointe, en se tordant de façon qu'après leur torsion et leur union ils ne forment plus que deux faisceaux centripètes, les deux faisceaux alternes de la racine. Or cette conception est en contradiction formelle avec les faits de l'ontogénie.

D'après ces faits, nous savons déjà que le faisceau alterne de la racine qu'on suit dans tout l'hypocotyle et même dans le pétiole cotylédonaire ne s'est jamais dédoublé : il n'a, par conséquent, pas pu être formé par l'union de deux faisceaux ligneux superposés d'hypocotyle. Ensuite, on ne peut pas assimiler un faisceau ligneux superposé d'hypocotyle, de tige ou de feuille, à un demi-faisceau alterne de racine, parce que les vaisseaux qui le composent n'appartiennent pas à la même phase de l'évolution vasculaire.

Au point de vue ontogénique, les vaisseaux centrifuges superposés sont postérieurs aux vaisseaux alternes centripètes. C'est là une constatation de la plus haute importance qui intéresse toute une partie de l'Anatomie classique actuelle et qui fera certainement abandonner les termes imprécis de protoxylème et de métaxylème qu'on applique aussi bien aux vaisseaux des tiges et des feuilles qu'à ceux des racines et qui confondent ensemble les productions des diverses phases de l'ontogénie vasculaire, c'est-à-dire des vaisseaux centripètes alternes avec des vaisseaux intermédiaires et des vaisseaux centrifuges superposés.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Anoxybiose et polarité chimique.* Note de Mme **Anna Drzewina** et M. **Georges Bohn**, présentée par M. Edmond Perrier.

Dans une série de Notes nous avons étudié, sur divers animaux, les effets de l'inhibition des oxydations, provoquée soit par le cyanure de potassium, soit par un séjour dans un milieu dont l'oxygène est épuisé par le pyrogallate de potasse (1). Nous avons constaté, entre autres, une résistance extrême de divers Invertébrés marins à la suppression d'oxygène. Ainsi, des *Actinia equina*, retirées au bout de 5 jours d'un tube privé d'oxygène, sont encore parfaitement vivantes. Divers Annélides, Mollusques, Echinodermes, subissent aussi sans inconvénient une asphyxie prolongée. Des *Littorina rudis*, après 4 jours de traitement, se mettent à ramper dès qu'on les remet dans l'eau aérée. Une *Phyllodoce laminosa*, retirée inerte du tube après 39 heures de traitement, a recouvré plus ou moins ses réactions. Une *Asterina gibbosa*, privée d'oxygène pendant 34 heures, et absolument inerte, s'est remise à marcher au bout de quelques heures. Chez les Crustacés, la résistance est très variable, et paraît être en rapport avec les conditions de vie. Les petits Copépodes du plankton meurent très rapidement, après 2 à 3 heures de traitement; par contre, les Copépodes des mares supralittorales résistent beaucoup plus longtemps, et le *Pinnotheres pisum*, petit Crabe qui vit en parasite dans la cavité branchiale des Lamellibranches, n'est pas tué par une privation d'oxygène de 4 jours et demi; cependant, les larves du même Pinnothère sont beaucoup plus sensibles et commencent à mourir déjà après 5 heures de traitement.

Nous avons noté également que l'anoxybiose conduit souvent à des sortes d'états d'anesthésie, où la sensibilité, ou du moins la faculté de répondre aux excitations, est amoindrie ou nulle. Ainsi, pour ne citer que deux exemples, les têtards de Grenouille, privés d'oxygène pendant un certain temps (nous avons montré que ceux-ci sont d'autant plus sensibles à la privation d'oxygène qu'ils sont plus âgés), présentent des états de narcose très prolongés, suivis de reviviscence, et ce n'est qu'après plusieurs jours qu'ils retrouvent leurs réactions primitives. Les chenilles de *Leucoma salicis*, après 24 heures de séjour dans un tube à pyrogallate de potasse,

(1) *Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. LXX, p. 758, 777, 843; t. LXXII, p. 908, 970; t. LXXIII, p. 655, 696; *Comptes rendus*, t. 154, p. 1639.

sont absolument inertes, et même encore le lendemain ne se déplacent guère et ne réagissent que faiblement; dans la suite, elles peuvent reprendre leur activité, se métamorphoser et donner des papillons, aux ailes un peu plus courtes que normalement.

Nous allons montrer maintenant que, de même qu'il y a, dans la résistance vis-à-vis de la privation d'oxygène, des différences d'une espèce à l'autre et, chez la même espèce, d'un stade larvaire à l'autre, il peut y avoir, chez le même individu, des résistances variables, suivant la portion du corps considérée. Le cas des Planaires est très frappant à cet égard, comme il résulte des expériences suivantes, que nous avons faites au laboratoire de Saint-Vaast-la-Hougue, en juillet et août dernier :

Un *Prostheceraeus vittatus*, recueilli le matin même à la marée, est placé dans un tube dont l'oxygène est extrait rapidement par le pyrogallate de potasse. Après 6 heures, l'animal, qui paraît ratatiné et inerte, est replacé dans l'eau aérée. Aussitôt, la moitié postérieure du corps se désagrège, alors que la portion céphalique, dont seul le bord correspondant à la ligne de rupture est déchiqueté, retrouve petit à petit son activité. Dès le lendemain, ce fragment rampait activement et la régénération a commencé et s'est poursuivie les jours suivants.

Nous avons plusieurs fois répété la même expérience, toujours avec le même résultat. Suivant que la durée du traitement est plus ou moins longue, de 4 à 7 heures, l'étendue de la portion qui se désagrège est plus ou moins grande; quand il est trop prolongé, la Planaire tout entière est détruite. Quelquefois, avec un traitement de courte durée, la portion postérieure, au lieu de se désagréger presque immédiatement au sortir du tube, s'en va par lambeaux, qui se détachent petit à petit, même encore le lendemain, pour laisser finalement un fragment céphalique plus ou moins long, qui se cicatrise, s'accroît et continue à vivre aussi longtemps que les témoins.

Afin de compléter cette expérience, nous avons procédé de la façon suivante : des *Prostheceraeus* ont été coupés transversalement en deux ou trois morceaux qu'on soumettait à la privation d'oxygène pendant 4 à 7 heures. Dans tous les cas, seules les portions céphaliques ont résisté, alors que les autres se sont désagrégées. Chez les individus témoins, les fragments aussi bien antérieurs que postérieurs survivaient très bien, rampaient activement et entraient en voie de régénération.

Avec des *Polycelis lævigatus*, nous avons obtenu des résultats analogues. Après un traitement de 7 heures, les quatre cinquièmes postérieurs de l'animal ont été détruits.

Avec des *Convoluta*, on obtient encore les mêmes résultats, et qui sont

très frappants, car on peut opérer ici sur un très grand nombre d'individus à la fois. Dans une des expériences, où le traitement a été de 5 heures, presque toutes les *Convoluta* ont présenté leurs parties céphaliques intactes et bien vivantes, alors que le reste du corps était abîmé, et d'autant plus qu'on se rapproche davantage de l'extrémité caudale. On voit des têtes qui nagent toutes seules; d'autres qui traînent à leur suite des lambeaux plus ou moins déchiquetés et prêts à se détacher.

Ainsi, chez les Planaires et les *Convoluta*, il y aurait une sorte de polarité chimique qui se manifeste en ce que l'extrémité antérieure du corps se montre plus résistante à la privation d'oxygène que l'extrémité postérieure. Il se peut que cette résistance plus grande soit due à ce que la portion céphalique est plus riche en réserves d'oxygène.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Démonstration définitive de l'inoculation superposée à la piqûre en parthénogenèse traumatique.* Note de M. E. **Bataillon**, présentée par M. Yves Delage.

Le champ de la parthénogenèse chez les Amphibiens vient de s'enrichir des belles expériences d'irradiation faites sur les produits sexuels de Grenouille par Oscar et Günther Hertwig.

L'action des rayons β et γ émis par une préparation de Mesothorium est surtout intéressante à envisager, à mon point de vue, quand un seul élément sexuel a subi le traitement. Irradié faiblement, le spermatozoïde reste mobile et peut pénétrer l'œuf vierge, bien que sa chromatine soit altérée. Mais cette chromatine, apte à se multiplier, intervient dans l'amphimixie et engendre les troubles plus ou moins précoces décrits par O. Hertwig dans son travail sur *la maladie du radium*. Or, à la limite d'intensité compatible avec l'imprégnation, les résultats s'améliorent d'une façon étonnante. On arrive à des larves capables de vivre 3 semaines et plus. *La chromatine mâle, profondément atteinte, échapperait à l'amphimixie : ce serait la parthénogenèse régie par le seul pronucleus femelle.*

La parenté entre ces expériences et les miennes devient surtout frappante avec les essais de G. Hertwig sur le croisement $\frac{\textit{Rana fusca} ♂}{\textit{Bufo} ♀}$.

J'ai publié le 24 avril 1911 (*Comptes rendus*) le résultat, « en apparence paradoxal, qu'un élément sanguin de Grenouille inoculé à un œuf de Bufo provoque son développement complet, alors que le spermatozoïde de grenouille ne permet pas la gastrulation dans la fécondation croisée. Le premier cas répond à une parthénogenèse qui respecte la combinaison nucléaire spécifique, le second à une amphimixie inadé-

quate ». G. Hertwig vient de constater que les spermatozoïdes irradiés de Grenouille, sur les mêmes œufs de Bufo, lui fournissent des larves, tandis que les spermatozoïdes sains ne permettent pas la gastrulation. Son expérience n'est qu'une élégante confirmation des miennes. *C'est un cas particulier du fait général que j'ai mis en évidence : l'accélération engendrée par divers éléments étrangers, incapables d'amphimixie.*

Les Hertwig ont bien aperçu de suite un lien entre les résultats de l'irradiation unilatérale et la parthénogenèse traumatique. Mais ils n'ont connu que mes expériences de 1910 et pensent que le spermatozoïde irradié n'a « aucune influence autre que celle de la fine aiguille de verre ou de platine dont Bataillon se servit pour piquer avec précaution des œufs de Grenouille ». La lecture de mes Notes de 1911 (*Comptes rendus*, t. 152, p. 920, 1120, 1271) leur eût montré une identité bien plus profonde entre les deux ordres de recherches. Si la « *disharmonie des Idioplasmes* » dont parle Hertwig a une importance majeure, parfaitement mise en relief par la combinaison $\frac{Rana\ f.\ ♂}{Bufo\ ♀}$, le spermatozoïde, même irradié, *n'agit pas à la façon du simple stylet : il apporte un matériel accélérateur indispensable.* Le système chromatique haploïde du pronucleus femelle actionné par la seule piqûre est « harmonique ». Je veux établir une fois pour toutes que, dans mes expériences, il ne suffit jamais à l'embryogenèse.

Les expériences cruciales que j'ai décrites portaient sur les œufs de Bufo, qu'on obtient facilement exempts de toute souillure. Elles n'ont été contrôlées par personne ; et il se peut qu'un opérateur inexpérimenté arrive, même sur ce matériel de choix, à des conclusions ambiguës. Sur le cas de *Rana fusca*, des doutes ont été émis ; et, il y a quelques mois, Herlant parlait encore de « résultats très inconstants, parfois même complètement contradictoires ».

J'apporte d'abord une expérience exempte de tout aléa.

Une Grenouille se met à pondre spontanément pendant qu'on lui stérilise le tégument. On recueille à sec un millier d'œufs. 500 d'entre eux, simplement piqués, ne montrent que l'activation et la parthénogenèse abortive : *il n'y a pas un seul clivage dans les délais normaux.* 300 œufs sont piqués avec du sang de Grenouille : ici, on relève, 45 minutes avant tout mouvement dans les témoins, *plus de la moitié* de clivages en 2, 3 ou 4 ; et au bout de 48 heures *on compte plus de 30 bouchons d'Ecker.* L'essai est dirimant. Malheureusement, on pourra manier des centaines de couples sans rencontrer cette circonstance favorable.

Voici maintenant, pour le même cas de la Grenouille, une technique infaillible.

Jetons une ponte entière dans la solution de KCN à 8,8 pour 1000, et agitons pour

empêcher les œufs d'adhérer. Ces œufs se dissocient et on les brasse périodiquement. Au bout de 3 heures, 3 heures et demie, 4 heures, suivant les cas, les gangues sont dissoutes. Éliminons rapidement le cyanure et lavons plusieurs fois ces *œufs nus* dans NaCl à 7 pour 1000 pendant 1 heure. Nous pourrons les garder plus de 24 heures dans la solution saline et les utiliser à loisir. La tache qui marque la figure polaire est intacte. Ces matériaux *non activés ne se laissent pas pénétrer par le sperme*, mais se prêtent merveilleusement à toutes les expériences de parthénogenèse.

Pour abréger, j'appelle ce matériel préparé : *œufs au cyanure*.

Nous piquerons des milliers de ces œufs sans obtenir un seul clivage normal. Versons sur un lot une pulpe fraîche de rate de cobaye (réactif idéal) ; nous obtiendrons par piqûre une abondance (souvent plus des $\frac{2}{3}$) de divisions magnifiques. L'aide le plus inhabile réussira constamment l'opération.

Les précisions vont découler de cette technique. On recueille, sans précautions spéciales, du sang de cheval à l'abattoir. Ce sang immédiatement défibriné, est réparti sur des éprouvettes où il se dépose en trois couches : sérum, leucocytes, hématies.

Prenons trois lots d'*œufs au cyanure;* brassons le premier dans le sérum, l'autre dans la purée de leucocytes, le troisième dans la purée d'hématies.

Le sérum ne donne rien à la piqûre.

La purée d'hématies (non exempte de leucocytes) fournit 1 *pour* 100 *de clivages normaux au maximum.*

La purée de leucocytes, elle, en donnera jusqu'à 75 pour 100. *Je conclus que ce qui est actif dans mes essais sur le sang de mammifère, c'est l'élément nucléé, c'est le leucocyte.*

Les leucocytes de cheval sont encore efficaces après 7 jours à la température ordinaire : mais on s'assure qu'ils reprennent leurs mouvements sur la platine chauffante. Le pus humain de ponction pleurétique, dont les éléments sont inertes, s'est montré inactif dans trois essais différents. L'expérience suivante prouve que la purée leucocytaire de cheval perd totalement son pouvoir accélérateur après 1 heure seulement à 46°.

Traités par cette bouillie chauffée, deux lots de 300 *œufs au cyanure*, issus de deux sujets différents, n'ont pas fourni une seule segmentation accélérée, mais uniquement le clivage tardif et anormal provoqué par la piqûre. Avec les mêmes leucocytes non chauffés, j'obtenais de magnifiques morulas dans la proportion de 80 pour 100 (1).

(1) Quiconque a manié ces œufs d'Amphibiens comprendra que l'absence de gangue crée des conditions très défavorables à l'éclosion. Les résultats au point de vue embryogenèse sont bien meilleurs avec la pulpe de rate de cobaye qu'avec les leucocytes de cheval, et je possède des têtards obtenus au moyen de la rate et des *œufs au cyanure*. Mais il s'agit avant tout d'une méthode de démonstration.

Ces bouillies leucocytaires laquées à l'éther ou précipitées par l'alcool absolu, puis reprises par la solution physiologique, sont restées inactives pour les *œufs au cyanure*, comme pour les œufs ordinaires.

Ainsi, une certaine intégrité de l'élément inoculé paraît indispensable. Quant à sa nature exacte, mes expériences sur le sang de cheval appuient mes observations microscopiques antérieures et me confirment dans l'idée qu'il s'agit bien d'un noyau ou d'un fragment de noyau. Et par là, le rapport entre les expériences de Hertwig et les miennes apparaît évident.

En résumé, la méthode du cyanure fournit à volonté sur les œufs de grenouille la démonstration éclatante du deuxième facteur en parthénogenèse traumatique; et je considère comme définitivement tranchée la question de l'inoculation. Quand j'use du sang de mammifère, c'est le leucocyte qui intervient. Tout me porte à penser qu'il intervient par son noyau. Les expériences de Hertwig appuient indirectement les conclusions que j'ai formulées. Mais je ne puis croire que le rôle du spermatozoïde irradié soit limité à l'activation. Le stock chromatique femelle peut être mis en branle de diverses façons. Mais, jusqu'ici, toute fusion disharmonique mise à part, il ne dirige l'embryogenèse qu'avec le contingent accélérateur et régulateur d'un élément vivant; contingent banal, non spécifique, sur le rôle duquel la cytologie seule peut jeter quelque lumière.

EMBRYOGÉNIE. — *Étude cinématographique des phénomènes cytoplasmiques de la division de l'œuf d'*Ascaris. Note de Mlle **Chevroton** et M. **Fauré-Frémiet**, présentée par M. Henneguy.

L'étude cinématographique de la segmentation, qui, appliquée à l'œuf d'Oursin, a déjà donné des résultats si intéressants (Chevroton et Vlès, 1909) était tout indiquée dans le cas de l'œuf d'*Ascaris* pour l'analyse des phénomènes cytoplasmiques des premiers stades de la segmentation.

Technique. — Les conditions techniques des prises de vue sont en tout point semblables à celles employées pour l'étude de la segmentation de l'œuf d'Oursin (Chevroton et Vlès, 1909). Mais, dans notre cas, la longueur du film est de 38^m; l'intervalle entre chaque image est de 14 secondes, durée qui sera diminuée dans nos prochaines expériences. La préparation était placée à la température optima de 32°.

Quatre phénomènes peuvent être particulièrement étudiés sur ce film : les mouvements intracytoplasmiques; les mouvements superficiels; les

mouvements propres des blastomères; la diminution progressive des réserves graisseuses.

A. *Mouvements intracytoplasmiques*. — Lorsque le film est projeté rapidement, les granulations graisseuses qui remplissent le cytoplasma de l'œuf paraissent animées de mouvements très rapides qui ressemblent alors à des mouvements browniens. Ces mouvements, qui sont en réalité trop lents pour être perçus par l'observation directe des œufs vivants, sont l'expression de courants cytoplasmiques bien différents des mouvements de *cyclose* décrits dans un grand nombre de cellules. Ils s'effectuent en effet sur place et ressemblent plutôt à des courants tourbillonnaires dont l'amplitude ne dépasse guère $\frac{1}{6}$ du diamètre de l'œuf, soit 7^{μ} à 8^{μ}. Ces mouvements sont continuels; ils *paraissent* plus actifs dans l'œuf indivis que dans les blastomères aux stades II et IV. Ils ne sont pas particuliers à l'œuf de l'*Ascaris* et la cinématographie de l'œuf d'Oursin les avait déjà fait connaître.

B. *Mouvements superficiels*. — Chevroton et Vlès (1909) ont décrit chez l'œuf d'Oursin, « indépendamment de tout changement par rapport aux blastomères voisins, les modifications de forme extrêmement intéressantes que peut présenter une cellule de segmentation. Les mouvements sont surtout visibles aux premiers stades où ils précèdent la division de la cellule; ils consistent en légères oscillations d'élongations de la part de la cellule qui va se segmenter, élongations plus ou moins régulières, dont la dernière se termine par la rupture en deux masses.... Elles doivent s'interpréter comme une variation alternative du champ de force producteur du phénomène de la segmentation, condition dont les théories de la division cellulaire devront désormais tenir compte. »

Dans l'œuf d'*Ascaris*, ces mouvements semblent plutôt *suivre* la division et préparer le phénomène d'accolement des blastomères par une surface maxima décrit par Boveri et par O. zur Strassen. La comparaison la plus exacte serait avec des mouvements de marée, la surface d'un blastomère s'élevant lentement en un point de ce dont elle se déprime en un autre; tout à fait indépendantes des mouvements intracytoplasmiques, ces variations de surface ne peuvent s'interpréter que comme des variations *locales* de la tension superficielle; elles semblent se propager comme des ondes irrégulières sur la surface du blastomère considéré. Elles sont identiques, quoique de moindre amplitude, à celles que Levaditi et Comandon viennent de décrire après la division des globubes blancs et que Jolly avait également

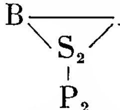
observées sur ces mêmes cellules ([1]). Elles semblent résulter de l'ensemble des phénomènes de la division, et non point conditionner ceux-ci.

C. *Mouvements propres des blastomères.* – Nous distinguerons ici trois sortes de mouvements :

1° Des mouvements de rotation de faible amplitude, surtout visibles au début du stade II lorsque l'œuf encore indivis possède un grand axe dont on peut suivre les déplacements.

2° Un mouvement d'étalement des blastomères les uns sur les autres, tendant à leur donner une surface de contact maxima. Ceux-ci semblent dus à l'augmentation progressive des mouvements superficiels signalés plus haut; ils entraînent des mouvements d'ensemble en apparence brusques, comparables (voir Robert, 1903) aux mouvements présentés par un système capillaire dont l'équilibre tend à se réaliser. Ces deux sortes de mouvements sont identiques à ceux qu'on observe chez l'œuf d'Oursin (Chevroton et Vlès, 1909).

3° Le mouvement particulier et bien connu du blastomère P_2. On sait que le stade IV réalise chez l'œuf d'*Ascaris* une figure en T caractéristique, les blastomères étant disposés d'après le schéma suivant :



Cette figure, qui est en équilibre pendant les deux mitoses légèrement asynchrones du stade IV et lorsque les quatre blastomères formés sont encore sphériques, ne l'est plus lorsque ceux-ci s'aplatissent les uns sur les autres. On peut alors considérer le système total comme formé de quatre gouttes visqueuses qui tendent à s'accoler, et l'on voit par l'examen cinématographique que le mouvement, décrit comme un tropisme, qui rapproche le blastomère P_2 du blastomère B, est en réalité un ensemble de mouvements de tous les blastomères : A et B s'étirent dans le sens de leur axe commun et s'étalent à la surface dorsale de S_2 qui se déforme et se trouve refoulé antérieurement, repoussant ainsi P_2 postérieurement; la figure en T se trouve déformée et, lorsque P_2 est suffisamment rapproché de B, on assiste à un accolement étroit et rapide, les quatre blastomères formant alors une figure losangique à contour simple



dans laquelle les surfaces de contact sont maxima.

([1]) *Comptes rendus de la Société de Biologie*, février-mars 1913.

Il semble donc bien que, malgré le cas particulier dû à l'orientation à angle droit des secondes mitoses de segmentation, les forces capillaires soient ici, comme chez le Troque et comme chez l'Oursin, les seules forces actives.

D. *Diminution progressive des réserves graisseuses*. — L'un de nous a montré que les réserves graisseuses sont plus rapidement oxydées dans le blastomère somatique S_1 et ses dérivés (ectoderme primaire) que dans le blastomère P_1 et ses dérivés. Ce phénomène se manifeste déjà aux premiers stades sur notre film par un éclaircissement progressif du blastomère ectodermique.

ZOOLOGIE. — *Sur le siphon des Spirules*. Note de M. **G.-J. Painvin**, présentée par M. Henri Douvillé.

1. J'ai signalé que la terminaison du siphon de la Spirule dans l'ovisac ne présentait pas le renflement sphérique du cæcum siphonal des Ammonites : le premier goulot semble se coiffer dans la protoconque d'une calotte que j'ai d'abord crue calcaire. En réalité, en noyant dans le baume de Canada une coquille de Spirule débarrassée d'abord de son ovisac et laissant apparaître son extrémité siphonale, j'ai constaté que *cette calotte était entièrement isotrope*, bien distincte du premier goulot anisotrope calcaire ([1]).

D'autre part, la jonction de la calotte siphonale avec le siphon semble s'opérer, comme je l'ai signalé, suivant un fort épaississement qui forme bourrelet tout autour du siphon.

On peut, par visée directe sous le microscope, déceler, dans l'épaisseur de ce bourrelet, *une petite ligne très fine et irrégulièrement dentelée*, transverse à l'axe du siphon.

Son observation, difficile ou impossible dès que la coquille est un peu opaque, devient extrêmement nette et facile sur une coquille noyée dans le baume. On s'aperçoit alors qu'elle forme la limite exacte de la région iso-

([1]) Branco avait remarqué une différence de nature entre le goulot et la calotte dont il signale la *couleur rouge* et la fragilité; il n'en a pas observé l'isotropie. Il ne signale pas non plus les indentations du premier goulot dans l'ovisac [*Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der fossilen Cephalopoden* (*Paleontographica*, t. XXVII, 2e Partie)].

trope de la calotte et de celle anisotrope du goulot siphonal. Le détail des dentelures s'observe ainsi très facilement et l'on est frappé de leur irrégularité. Leur examen devient particulièrement simple en lumière polarisée.

2. Chaque goulot siphonal comprend : une partie externe à paroi épaisse, une partie interne à paroi pelliculaire, prolongement de la première dans le goulot postérieur. Dans l'adulte, le développement des prolongements internes atteint son maximum; chaque goulot s'étend de la cloison dont il naît jusqu'au niveau de la deuxième cloison postérieure. Le développement des prolongements internes diminue progressivement au fur et à mesure qu'on se rapproche de l'ovisac.

Chaque prolongement interne est soutenu et renforcé par un système particulier de *petits piliers calcaires* développé entre les parois du goulot pénétrant et du goulot externe. Ils prennent naissance un peu en avant du plan d'épaississement du goulot pénétrant et se terminent en même temps que la pellicule calcaire de ce dernier; ils diminuent rapidement de hauteur au fur et à mesure que la paroi du goulot interne, en s'amincissant, se rapproche de celle du goulot externe. Très voisins mais distincts, *ils forment des séries longitudinales* grossièrement alignées suivant les génératrices du goulot cylindrique. Ils envoient en avant de la cloison, au point où les goulots s'emboîtent, de longues apophyses irrégulières rayonnantes, qui s'agrippent à la paroi de la cloison sur laquelle elles rampent à la façon des rameaux d'un lierre.

3. En brisant avec précaution la paroi calcaire d'un goulot siphonal, on arrive souvent à mettre à découvert *une membrane élastique et flexible, transparente, vitreuse, isotrope*, bien semblable, comme consistance et comme aspect, aux lamelles chitineuses du prosiphon, ou à la membrane double qui s'étend entre les tours de la Spirule et englobe la coquille entre ses deux feuillets (¹).

Cette membrane tapisse l'intérieur du goulot. J'ai d'abord cru pouvoir la suivre d'une façon continue et l'assimiler au tube siphonal des Ammonites; la calotte siphonale chitineuse en aurait formé l'extrémité externe. En réalité, l'étude des sections en plaques minces m'a montré qu'elle n'était que le prolongement d'une membrane organique qui existe aussi dans les

(¹) Cette membrane, que j'ai retrouvée dans de nombreux échantillons entre les premiers tours de la coquille, a été observée par Branco (*loc. cit.*). Il la croyait calcaire, ce qui est inexact.

cloisons, et qu'elle était propre à chaque goulot. Elle est elle-même saupoudrée de calcaire sur sa face interne, comme le sont aussi les cloisons.

4. La calotte formée d'une mince couche chitineuse apparaît ainsi, de même que le prosiphon, comme un organe extrêmement fragile; et l'on s'étonnerait *a priori* qu'alors que ce dernier est souvent abîmé et incomplet, celle-là soit en général bien constante et uniforme. C'est qu'en réalité la matière organique brunâtre, homogène et compacte, reste du siphon organique, que j'ai parfois trouvée à l'intérieur des goulots des premières loges, *remplit en règle générale l'extrémité siphonale qui forme cul-de-sac et la consolide.*

Ainsi s'explique la *couleur rouge* de cette extrémité signalée par Branco.

5. Dans l'ensemble, *et si l'on fait abstraction de sa terminaison dans la protoconque*, l'appareil siphonal des Spirules est voisin de celui des Bélemnites. Il est même certain qu'après fossilisation, *l'intérieur de l'ovisac semblerait avoir communiqué librement avec le siphon et il n'y aurait pas trace de cæcum ni de prosiphon.* De même, chez les Bélemnites, il n'existe ni prosiphon ni cæcum et le siphon semble avoir communiqué librement avec un vide compris à l'intérieur de la première cloison qui ferme l'ovisac [1]; mais l'ovisac est complètement clos et l'appareil siphonal n'y pénètre pas.

Au contraire la terminaison du siphon de la Spirule, sa pénétration dans l'ovisac et le prosiphon qu'il porte *le rapprochent nettement de celui des Ammonites.* Il n'est même pas douteux qu'il existait un support organique au phosphate du siphon des Ammonites; de sorte que la différence de nature chimique du prosiphon et de l'extrémité siphonale chez la Spirule et chez les Ammonites ne correspondrait simplement qu'à un degré plus ou moins grand de minéralisation phosphatée.

Quoi qu'il en soit, la question du rapport relatif des Spirules avec les Ammonites et les Bélemnites reste pleine d'incertitude : elle doit s'éclairer d'observations nouvelles faites dans le groupe des Bélemnites, dans les formes paléozoïques et aussi dans les formes tertiaires de Céphalopodes à siphon (*Beloptera*, *Belosepia*, *Vasseuria*, *Spirulirostra*, etc.).

---

(1) F. Grandjean, *Le siphon des Ammonites et des Bélemnites* (*Bull. Soc. géologique de France*, 4e série, t. X, 1910).

MÉDECINE. — *Action du vaccin antityphoïdique polyvalent, chez les sujets en incubation de fièvre typhoïde ou infectés au cours de l'immunisation.* Note de M. **H. Vincent.**

La durée de l'incubation de la fièvre typhoïde étant de 2 à 3 semaines et celle des opérations de vaccination étant de 21 jours, il arrive communément que, lorsque la typho-vaccination est opérée en période épidémique : (*a*) les inoculations vaccinales sont faites chez des personnes *déjà contagionnées* et *en incubation* de leur maladie au moment où elles reçoivent les premières injections; (*b*) la contagion typhoïdique peut se produire *au cours même* de la période de vaccination, alors que le sujet n'est évidemment pas encore immunisé.

Ces cas présentent une grande importance pratique, et l'on doit se demander ce qu'il advient en pareille occurrence.

a. La première éventualité (vaccination chez des sujets en incubation de fièvre typhoïde) a été étudiée par Wright, Leishman, etc. J'ai montré que, dans ces cas, l'immunisation active par le vaccin polyvalent stérilisé par l'éther a protégé cinq sujets réceptifs ayant avalé, 24 ou 48 heures auparavant, du bacille typhique en culture.

Une épidémie massive survenue à Avignon (août 1912) a permis de vérifier, d'une manière intéressante, le degré de protection assuré dans cette circonstance spéciale. La fréquence de la fièvre typhoïde chez les non-vaccinés a été, en effet, de 1 cas sur 4; celle des décès a été de 1 sur 34. Or, sur 1108 militaires, femmes ou enfants inoculés au début de l'épidémie ou pendant celle-ci (841 vaccinés complètement + 267 n'ayant reçu qu'une partie des injections), il y a eu 3 cas de fièvre typhoïde, apparus *exclusivement* chez les incomplètement vaccinés. La maladie a débuté aussitôt après la première ou la deuxième injection. Ces sujets étaient donc en incubation au moment où ils ont reçu ces injections. Leur proportion est comme 3 est à 1108, soit 1 sur 369, considérablement plus faible, par conséquent, que chez ceux qui n'ont reçu aucune injection. En outre, les trois cas ont été légers et sans complications ([1]).

Les mêmes observations ont été faites en Algérie, en Tunisie, au Maroc, pays où la fièvre typhoïde est extrêmement fréquente, ainsi qu'à Paimpol et Puy-l'Évêque, où la vaccination a été faite en pleine période épidémique ([2]).

([1]) H. Vincent, *Académie de Médecine*, 5 décembre 1911; *XIII*e *Congrès de Médecine*, octobre 1912; *Comptes rendus*, 26 août 1912 et 21 octobre 1912.

([2]) Presque toutes les vaccinations par le vaccin polyvalent ont été opérées, en effet, dans des régions ou des milieux fortement éprouvés par la fièvre typhoïde. Le nombre de mes vaccinés dépasse actuellement 43000.

b. La seconde éventualité concerne le cas où l'infection typhoïdique a lieu pendant le cours même des inoculations, savoir entre la première et la quatrième et dernière injections. Pendant cette période, le sujet contagionné n'ayant reçu à ce moment qu'une partie des injections, ne possède donc pas encore l'immunité. Il est donc ou peut être réceptif pendant toute la durée des vaccinations, et même 2 à 3 semaines après la dernière.

A la vérité, l'observation faite dans les diverses épidémies signalées ci-dessus a établi que l'immunité va en s'accroissant à mesure qu'on approche de la dernière injection. C'est ce qui explique la rareté excessive des cas dans lesquels, malgré un état épidémique intense, l'infection survenue au cours des vaccinations s'est montrée positive.

Il n'en est jusqu'ici que trois, dont le premier a été publié ([1]). Il s'est produit chez un infirmier M..., contagionné entre la première et la deuxième injections. La maladie fut extrêmement bénigne.

Un deuxième cas a été observé à Alger, chez un militaire D..., contagionné avant sa dernière injection. La fièvre typhoïde, de moyenne gravité, a été précédée d'une diphtérie qui avait affaibli sans doute la résistance du sujet.

Le troisième cas m'a été signalé le 25 novembre dernier. Il est relatif à un jeune médecin d'Avignon, le docteur Pl..., qui présenta de la fièvre, de la céphalée et de la courbature 2 jours après la dernière injection de vaccin. Ce médecin s'était donc contagionné 2 à 3 semaines auparavant, soit entre la deuxième et la troisième inoculation. Les symptômes ont été, d'ailleurs, incertains et d'une grande légèreté : fièvre bénigne pendant quelques jours, sans aucun signe caractéristique de dothiénenterie : ni épistaxis, ni symptômes nerveux, ni douleur iliaque, ni taches rosées, ni ulcération ptérygoïdienne, ni diarrhée, etc. Aucun examen bactériologique n'a été fait (ce cas est donc extrêmement douteux).

De ce qui précède, on peut conclure que, *le plus souvent*, les premières injections de typho-vaccin polyvalent donnent une immunité suffisante pour protéger : 1° ceux qui sont déjà en incubation récente de fièvre typhoïde ; 2° ceux qui, éventuellement, peuvent être contagionnés pendant les 3 semaines que nécessitent les inoculations.

En conséquence aussi, *il n'existe pas de phase négative* et *il n'y a aucun danger à vacciner pendant les épidémies*. Les injections exercent, au contraire, une influence favorable, qui se traduit par la rareté des atteintes

---

([1]) H. Vincent, *Académie de Médecine*, 5 décembre 1911.

typhoïdiques chez les sujets en incubation ou infectés au cours de l'épidémie, et par l'évolution bénigne de la fièvre typhoïde, lorsqu'elle survient dans les cas particuliers que je viens d'étudier.

MÉDECINE. — *Influence du groupement aminé sur la pression artérielle.* Note de MM. **Desgrez** et **Dorléans**, présentée par M. d'Arsonval.

Nous avons montré que la guanine administrée par voie intraveineuse à la dose de 2^{cg} à 3^{cg} par kilogramme d'animal provoque une action hypotensive marquée, alors qu'aux mêmes doses, les autres corps de la série purique manifestent, au contraire, une action hypertensive qui s'accroît avec le degré d'oxydation et d'acidité de la molécule.

Comme la guanine présente un groupement aminé NH^2 qui ne se retrouve plus dans les autres substances de la même série, nous avons émis cette hypothèse que le pouvoir hypotenseur de la guanine peut être rapporté à la présence du groupement aminé dans sa molécule. Nous présentons aujourd'hui des recherches qui ont porté sur ce point particulier.

Nos expériences ont été faites avec des substances renfermant une ou deux fois le groupement NH^2, à savoir la monométhylamine $CH^3 - NH^2$ et son chlorhydrate; l'éthylène-diamine $NH^2 - CH^2 - CH^2 - NH^2$, à l'état de chlorhydrate, enfin l'hydrazine $NH^2 - NH^2$, à l'état de sulfate.

Si l'on injecte la monométhylamine libre ou son chlorhydrate au lapin, par voie intraveineuse, on obtient, avec une dose de $0^g,005$ à $0^g,01$ par kilogramme, un abaissement constant de la pression variant, suivant les expériences, entre $1^{cm},4$ et $1^{cm},6$ de mercure.

L'éthylène-diamine, avec ses deux groupements aminés, a donné, dans les mêmes conditions, une hypotension variant entre 2^{cm} et $3^{cm},6$.

Le sulfate d'hydrazine a provoqué une diminution de $1^{cm},6$ à $1^{cm},8$, c'est-à-dire plus faible, bien qu'il renferme également deux groupements aminés. Comme nous l'avions déjà observé avec la guanine, l'effet hypotenseur maximum produit par les bases précédentes a lieu de 15 à 20 minutes après l'injection, la pression initiale se rétablissant dans un délai de 30 à 45 minutes.

Un point sur lequel nous appelons tout particulièrement l'attention, c'est que si l'on augmente la dose de base, en la portant, par exemple, à $0^g,02$, $0^g,03$ par kilogramme d'animal, on provoque, au contraire, une hypertension de 1^{cm} à 3^{cm}.

Chez le chien, les résultats se sont montrés confirmatifs des précédents, mais, pour ces mêmes substances, les doses injectées doivent être plus faibles : $0^g,002$ de chlorhydrate d'éthylène-diamine donne un abaissement de 2^{cm}, alors qu'une dose double, soit $0^g,004$, provoquera, au contraire, une hypertension de 2^{cm} de mercure.

Les résultats de ces expériences nous paraissent intéressants, non seulement en ce qu'ils vérifient l'hypothèse que nous avions faite sur la cause du pouvoir hypotenseur de la guanine, à savoir son groupement aminé, mais bien plus encore par ce fait qu'une dose minime de substance aminée provoque une certaine hypotension, alors qu'une dose plus élevée donnera lieu à une élévation de la pression artérielle. Il y a donc lieu de penser que si les substances basiques découvertes par M. A. Gautier, leucomaïnes de nos cellules ou ptomaïnes microbiennes, n'existent dans nos tissus qu'en minime proportion, elles provoqueront un abaissement de la pression artérielle. Si, au contraire, leur quantité vient à s'accroître notablement, soit par suite d'une insuffisante destruction, soit par défaut d'élimination rénale, il en résultera de l'hypertension. Or c'est là encore un des symptômes des auto-intoxications de M. Ch. Bouchard.

Il nous paraît intéressant de poursuivre ces recherches sur l'influence des mêmes substances introduites dans l'économie à plus faible dose, mais pendant un temps prolongé.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *De la présence de la choline ou de bases voisines dans la salive du Cheval.* Note de M. **J. Houdas**, présentée par M. Guignard.

Dans une suite de travaux très importants, E. Schulze et ses collaborateurs ont montré la présence, dans les végétaux, d'un groupe de bases constitué par la choline, diverses bétaïnes, de la trigonelline et de la stachydrine.

Ces bases diffèrent nettement des alcaloïdes proprement dits et des bases nucléiques. Avec les premières, elles présentent des points communs, en ce sens qu'elles précipitent par les mêmes réactifs : iodure de potassium ioduré, biiodure de mercure ioduré, iodure de bismuth et de potassium, acides phospho-et silico-tungstique, etc. Elles s'en écartent en ce qu'elles ne renferment pas de groupement pyridique ou quinoléique dans leur constitution, qu'elles ne passent pas dans les dissolvants neutres, quand on traite leur solution par la méthode de Stas, et qu'enfin elles ne donnent avec les réactifs aucune coloration particulière.

Dans une Note récente [1], E. Schulze et G. Trier affirment la présence constante de la choline, dans tous les végétaux, associée soit à une ou plusieurs bétaïnes, soit à de la trigonelline ou de la stachydrine.

On a signalé, il y a déjà un certain temps, la présence d'alcaloïdes dans la salive de chevaux, dans l'économie desquels on avait introduit une ou plusieurs de ces substances, soit par voie stomacale, soit par injection hypodermique.

Nous nous sommes demandé si la choline et les bases du même groupe, si répandues dans le règne végétal, ne pouvaient pas également se rencontrer dans la sécrétion salivaire.

Pour nous en rendre compte, nous avons utilisé la réaction suivante : lorsque, à une trace de choline, on ajoute de l'iodure de potassium ioduré (réactif de Bouchardat), il se produit un abondant précipité qui, au microscope, se présente sous forme de globules plus ou moins volumineux. Au bout de peu de temps, on voit apparaître des cristaux qui s'accroissent aux dépens des globules qui les entourent et finissent par être isolés au milieu d'un liquide parfaitement limpide. On ne tarde pas à voir les angles de ces cristaux s'émousser aux extrémités et un épaississement se former à la partie médiane; la destruction devient alors très rapide, les extrémités s'effilent en se fondant et le liquide provenant de la fusion se précipite, comme fortement attiré vers la partie centrale. Au bout d'un temps très court, ces cristaux ont fait place à des globules brun noirâtre qui, dans certains cas, se décolorent et se diffusent dans le liquide ambiant.

Si la proportion de base employée est trop forte par rapport au réactif, on ne voit pas se former de cristaux; par contre, si l'iode se trouve en trop grand excès, les cristaux formés ne persistent qu'un temps très court ou ne se produisent pas du tout. Cependant, avec un peu d'habitude, on peut obtenir des cristaux très nombreux, suivre leur formation et leur développement pendant quelques minutes.

Les substances à examiner sont traitées de la façon suivante : des tampons de coton, imprégnés de salive, sont épuisés par l'alcool à 95°. La solution, légèrement acidulée avec de l'acide tartrique, est distillée dans le vide et le résidu repris par l'eau distillée, la nouvelle solution, additionnée d'acétate neutre de plomb, filtrée, privée de l'excès de plomb par l'hydrogène sulfuré et filtrée à nouveau, est évaporée à sec dans le vide sur de l'acide sulfurique.

Dans la plupart des cas, si l'on dépose une parcelle de cet extrait sur une lame de microscope que l'on recouvre d'une lamelle et si l'on fait pénétrer entre les deux verres, par capillarité, du réactif de Bouchardat, on observe d'abord la formation des globules dont nous avons parlé et, ensuite, de cristaux plus ou moins nombreux.

Dans certains cas, la matière extractive est très abondante et la réaction peu nette. On isole alors les bases au moyen de l'acide phosphotungstique, en suivant la technique indiquée par Schulze.

---

(1) E. Schulze und G. Trier, *Ueber die allgemeine Verbreitung der Cholins* (*Hoppe-Seyler's Zeitschrift für Physiologische Chemie*, octobre 1912).

Les cristaux, avec la choline, se présentent sous l'aspect de prismes obliques très plats et bruns : parfois ces cristaux sont accolés deux par deux et forment des sortes de navettes.

Les prélèvements opérés sur les chevaux de la Compagnie des Petites Voitures [1] ont été faits dans des circonstances différentes afin d'éliminer, autant que possible, toute cause d'erreur provenant de la présence, dans la salive examinée, de matières alimentaires.

Six prélèvements ont eu lieu sur des chevaux n'ayant pas travaillé le matin, 3 ou 4 heures après le premier repas; dans 14 cas, le prélèvement a été fait 4 à 5 heures après le premier repas et après une matinée de travail; deux fois, 30 minutes seulement après le repas et après une période de repos; trois fois enfin, en plein repas et après le travail.

La ration alimentaire des chevaux examinés est assez complexe : elle se compose d'un mélange d'avoine écrasée, de maïs concassé, de paille, de mélasse, de pois chiche, de marc de raisin séché, de graines de sorgho, de caroubes, parfois de manioc ou de son.

Dans ces 25 observations, le réactif de Bouchardat a provoqué, sous le microscope, la formation de cristaux en tous points analogues à ceux que l'on obtient avec une solution de choline, traitée dans les mêmes conditions.

Le régime alimentaire des chevaux examinés pouvant laisser des doutes sur la constance de la présence de la choline ou de bases voisines, dans la salive du cheval, nous avons fait, avec le concours du Dr Guilbert, une seconde série d'essais avec la salive de chevaux de course. Nous avons étudié 12 échantillons : 3 prélèvements ont été faits à jeun; 2 après l'ingestion d'une poignée de foin; 6 à des temps divers, variant de 45 minutes à 5 heures après le repas; et une fois immédiatement après une grande course de haies.

L'alimentation des chevaux examinés comprenait du foin, des féverolles, du maïs, de l'avoine, une carotte, du sucre.

Comme précédemment, nous avons obtenu une cristallisation caractéristique, avec le réactif de Bouchardat.

En résumé, il ressort de nos recherches que la salive du cheval renferme d'une façon constante de la choline ou des bases du même groupe, quelle que soit la ration alimentaire fournie à l'animal et quel que soit le temps qui s'est écoulé après l'ingestion de ces aliments.

---

(1) Nous sommes heureux d'avoir cette occasion d'exprimer tous nos remercîments à M. Gourdon, directeur de la Manutention des Petites Voitures, et à M. Alejan, ingénieur agronome, pour l'obligeance avec laquelle ils ont mis à notre disposition la salive des chevaux de leur service.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Synthèse des glucosides d'alcools à l'aide de l'émulsine : phényléthylglucoside* β *et cinnamylglucoside* β. Note de MM. **Em. Bourquelot** et **M. Bridel**, présentée par M. Jungfleisch.

L'alcool phényléthylique et l'alcool cinnamique, qui appartiennent tous les deux à la série cyclique, se rencontrent dans les essences retirées de certains végétaux. Il est donc possible que ces alcools préexistent dans la plante à l'état de glucosides, et il était intéressant, à cause de cela, de rechercher si ces glucosides pouvaient être préparés synthétiquement, par voie biochimique. L'expérience a démontré que cette synthèse est parfaitement réalisable.

Phényléthylglucoside β ($C^6H^{11}O^6 - CH^2 - CH^2 - C^6H^5$). — *Synthèse.* — On a mélangé 10^g d'eau à 250^g d'alcool phényléthylique : l'eau s'est dissoute entièrement. On a ajouté 3^g de glucose pur, anhydre, en poudre, et l'on a abandonné le mélange à la température du laboratoire, en agitant de temps en temps. Après 3 jours, la solution accusait au tube de 2^{dm} une rotation de + 12′, ce qui correspond à l'entrée en solution, dans tout le liquide, de 0^g,50 de glucose environ. On a laissé le glucose en excès et ajouté 3^g d'émulsine. La rotation a diminué peu à peu, puis passé à gauche comme l'indiquent les chiffres suivants :

Durée........	0 jour.	7 jours.	25 jours.	45 jours.	55 jours.	76 jours.
Rotation ($l=2$)...	+ 12′	+ 2′	— 24′	— 38′	— 42′	— 42′

En admettant que, à l'arrêt de la réaction, il y avait encore en dissolution une proportion de glucose correspondant à une rotation de + 12′, on voit que la réaction effectuée en 55 jours est représentée par un mouvement à gauche de la rotation de 42′ + 12′ + 12′, c'est-à-dire de 1°6′.

On a filtré pour séparer l'émulsine ainsi que le glucose en excès; puis, pour extraire le glucoside dissous dans l'alcool phényléthylique, on a agité celui-ci, à quatre reprises, avec de l'eau distillée en employant chaque fois 250$^{cm^3}$ d'eau.

Les liquides aqueux étant rassemblés, on les a concentrés, sous pression réduite, à 100$^{cm^3}$; on a agité, avec de l'éther ordinaire, pour enlever l'alcool phényléthylique entraîné; après quoi, on a repris la distillation qu'on a continuée jusqu'à siccité.

On a traité le résidu à deux reprises par 150$^{cm^3}$ d'éther acétique bouillant. On a réuni les liquides éthéro-acétiques et on les a concentrés, par distillation, à 30$^{cm^3}$. Comme, après plusieurs jours, il ne s'était produit aucun dépôt, on a ajouté un volume égal d'éther ordinaire sans mélanger. La cristallisation du glucoside n'a pas tardé à commencer; elle s'est continuée lentement et n'était terminée qu'au bout d'un

mois environ. On a recueilli les cristaux sur un filtre; on les a lavés à l'éther et on les a fait sécher dans le vide sulfurique. Il y en avait 1^g,80.

Propriétés du phényléthylglucoside β. — Ce glucoside est en aiguilles incolores. Il est inodore et possède une saveur amère assez prononcée, mais moins désagréable que celle de son homologue inférieur, le benzylglucoside β. Il est très soluble dans l'éther acétique et dans l'eau.

Son pouvoir rotatoire en solution aqueuse a été trouvé égal à $\alpha = -23°,92$. Il réduisait encore la liqueur de Fehling dans des proportions telles que si, ce qui paraît vraisemblable, cette réduction est due à du glucose entraîné, le pouvoir rotatoire réel serait très rapproché de $-29°$.

A une solution aqueuse de 2^g,02 pour 100$^{cm^3}$, on a ajouté de l'émulsine; quelques instants après, le liquide exhalait déjà l'odeur de rose, qui est l'odeur de l'alcool phényléthylique. En 24 heures, la rotation a passé de $-58'$ à $+1°16'$ et il s'était formé 1^g,160 de glucose pour 100$^{cm^3}$, ce qui correspond à une hydrolyse presque complète.

Cinnamylglucoside β ($C^6H^{11}O^6 - CH^2 - CH = CH - C^6H^5$). — *Synthèse*. — Cet alcool étant solide à la température ordinaire et devenant liquide à $+33°$, les expériences ont été faites à cette dernière température.

A 500^g d'alcool cinnamique préalablement liquéfié, on a mélangé 25^g d'eau distillée portée à 30°-35°. On a obtenu ainsi un liquide limpide auquel on a ajouté 5^g de glucose et qu'on a abandonné 2 jours à l'étuve à $+33°$, en ayant soin d'agiter de temps en temps. Le mélange étant devenu trouble par séparation d'eau, on l'a filtré. Il accusait une rotation de $+10'$ ($l = 2$).

On a ajouté 10^g de glucose et 3^g d'émulsine, puis on a reporté le mélange dans l'étuve. La réaction synthétisante a commencé aussitôt et s'est continuée pendant 20 jours, comme l'indiquent les chiffres suivants qui expriment les rotations observées :

Durée.........	0 jour.	5 jours.	10 jours.	15 jours.	20 jours.
Rotation ($l = 2$)...	$+10'$	$-20'$	$-34'$	$-46'$	$-1°4'$

La réaction totale est donc représentée par un mouvement à gauche de $64' + 10' + 10'$ ou $1°24'$.

On a filtré, après quoi on a agité le liquide filtré, à 12 reprises, avec de l'eau distillée tiède, en en employant chaque fois 250$^{cm^3}$ [1].

---

[1] Dans ces sortes d'extractions, il importe de suivre l'opération au polarimètre et de ne cesser les reprises que lorsque l'eau n'enlève plus ou presque plus de glucoside à l'alcool. Ici, la rotation de la solution aqueuse, qui était de $-12'$ à la première reprise, était encore de $-6'$ à la dernière.

On a traité les liquides aqueux réunis comme on a fait pour le phényléthylglucoside et obtenu ainsi 6^g de résidu qu'on a repris par 100^{cm^3} d'éther acétique bouillant. On a concentré la solution éthéro-acétique à 25^{cm^3}, ce qui a amené la séparation d'un produit incolore de consistance de miel, qu'on a lavé à l'éther ordinaire. La masse s'est prise en cristaux (en 2 mois) qu'on a dissous dans 20^{cm^3} d'acétone bouillant. Après refroidissement, on a ajouté de l'éther, et le produit a cristallisé de nouveau.

Propriétés du cinnamylglucoside β. — Ce glucoside est en aiguilles incolores; il est inodore, faiblement amer. Son pouvoir rotatoire a été trouvé égal à $-41°,12$.

Il réduisait encore la liqueur cuivrique de telle sorte que, si la réduction est due à du glucose, le pouvoir rotatoire du glucoside pur se rapprocherait de $-49°$.

A une solution aqueuse à $1^g,945$ pour 100^{cm^3}, on a ajouté de l'émulsine. En 24 heures, la rotation a passé de $-1°36'$ à $+1°4'$. En même temps le liquide a pris l'odeur de jacinthe, qui est celle de l'alcool cinnamique. Il s'était fait $1^g,038$ de sucre réducteur, ce qui correspond à une hydrolyse presque complète.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge de la série cristallophyllienne des Cyclades et sur l'époque des plissements qui l'ont affectée.* Note de M. **Ph. Négris**, présentée par M. Pierre Termier.

M. Cayeux est le premier qui ait signalé le Trias supérieur dans les Cyclades, à Myconos. Depuis, j'ai moi-même observé *Gyroporella vesiculifera* Gümb. sur le marbre terminant la série cristallophyllienne à Kythnos et à Siphnos : les pores hexagonaux sont visibles sur les sections longitudinales des prismes, après polissage des surfaces, et à l'aide d'une forte loupe. A Kythnos, le marbre a été prélevé sur le sentier allant de Sillaka à Zongaki : c'est un marbre brun, présentant, après polissage, des plages filamenteuses, comme c'est le cas général, en Grèce, pour les calcaires du Trias supérieur. A Siphnos le marbre a été prélevé sur le versant nord du Prophète-Elie : il est tantôt blanc, avec plages filamenteuses aussi, tantôt gris.

Ces résultats semblent autoriser à rapporter toute la série cristallophyllienne des Cyclades au Trias. En effet, tous les géologues sont d'accord pour considérer la série cristallophyllienne du sud de l'Eubée comme étant

le prolongement de celle de l'Attique, parce qu'elle présente la même direction NE des couches du Pentélique et de l'Hymette et le même prolongement au Nord. Il est vrai que les gneiss d'Eubée manquent dans l'Attique; mais ils paraissent répondre, avec leur escorte de marbres cipolins, aux calcschistes micacés qui forment la base de la série cristalline de l'Attique, base que j'ai rapportée ailleurs (Note du 17 juin 1912) au Trias inférieur, avec d'autant plus de raison que, depuis cette attribution, j'ai observé dans cette formation aussi des sections rondes ou elliptiques, appartenant, sans doute, à des *Gyroporelles*. La série du sud de l'Eubée serait ainsi tout entière triasique, comme celle de l'Attique, mais répondrait à un état de métamorphisme plus avancé : elle serait d'ailleurs venue en contact des formations paléozoïques, reconnues par M. Deprat, en Eubée, grâce à la grande faille Aliveri-Ochtonia, signalée par le même savant. Or la série cristallophyllienne des Cyclades se rattache à celle du sud de l'Eubée par Andros, au point de ne pouvoir en être séparée, et il semble permis d'identifier les trois séries. Les gneiss des îles représenteraient les couches inférieures de l'Hymette, c'est-à-dire le Trias inférieur à un état de métamorphisme plus avancé encore qu'en Eubée, tandis que les marbres de Paros et de Naxos répondraient aux marbres du Pentélique et de l'Hymette, et que les schistes cristallins, qui font suite au marbre supérieur à *Gyroporelles* des îles, répondraient aux schistes micacés, schistes de Kæssariani de l'Attique, comme l'avait déjà très justement entrevu M. Philippson. Il est intéressant d'ailleurs d'observer que l'on retrouve dans les Cyclades les directions de plissement NE et NW, que nous avons constatées dans les séries cristallophylliennes de l'Attique et du Péloponnèse (Notes des 17 juin et 29 juillet 1912). La première direction domine dans les Cyclades les plus voisines de l'Attique et de l'Eubée; la deuxième est très nette à Sériphos où elle accompagne la première, à laquelle elle se soude, comme elle le fait dans l'Attique sur le Pentélique et l'Hymette, comme ridement secondaire orthogonal.

Il est vrai que, plus au Sud, la direction dominante des plis est NNE, particulièrement à Paros, Naxos, Ios. Nous sommes disposé à considérer ce nouveau plissement comme le ridement secondaire normal à la direction WNW du plissement éocène, achaïque ou pyrénéen, qui, en Grèce, a une grande importance. En effet, à ce plissement NNE, qui se retrouve aussi au Laurium, est subordonnée l'apparition du granite, aussi bien dans cette dernière région qu'à Naxos. Au Laurium, l'affleurement du granite apparaît, d'après la Carte géologique de Lepsius, exactement sur la cicatrice NNE qui met à découvert le soubassement. Or nous savons par les travaux de Lepsius que le granite du Laurium pénètre jusque dans le Crétacé. Il est donc juste de considérer

l'intrusion du granite ici, et la dislocation à laquelle est due cette intrusion, comme post-crétacées, ce qui nous conduit à l'époque éocène pour le plissement NNE, qui serait ainsi contemporain du plissement pyrénéen.

Mais entre les plis triasiques et éocènes ci-dessus s'intercalent d'autres plis. C'est ainsi qu'à Délos on trouve la direction ENE avec intrusion encore de granite, comme cela ressort des travaux de MM. Philippson et Cayeux. C'est d'ailleurs la direction que suivent de préférence les affleurements carbonifères et permiens découverts par M. Renz, en Grèce. C'est ainsi qu'elle apparaît dans le Carbonifère de l'Othrys et du Parnès, ainsi que dans les îles d'Hydra et d'Amorgos, où cette direction est trahie par la forme générale de ces deux îles. Je fais observer que cette direction est normale à la direction NNW, d'intrusion des roches massives principales (entre autres du porphyre vert antique), dans le Trias supérieur du Péloponnèse (Note du 29 juillet 1912), et l'on retrouve souvent cette dernière direction NNW, accompagnant la direction ENE, dans les Cyclades, comme à l'est de Myconos, et comme cela ressort de la Carte des lignes directrices des plissements des îles Myconos, Délos et Rhénée, de M. Cayeux. Je suis donc disposé à considérer les deux plissements ENE et NNW dans les Cyclades, comme contemporains et comme ayant mis fin aux dépôts triasiques en Grèce, tandis que les plis NE et NW seraient apparus entre le Trias moyen et le Trias supérieur, entre lesquels nous avons constaté une discordance dans l'Attique et le Péloponnèse (Notes ci-dessus), discordance qu'on retrouve dans les Cyclades, à Ios, d'après Philippson.

Deux autres directions conjuguées ou normales se retrouvent souvent dans les îles, EW et NS. Tandis que les couches ont l'une des deux directions, elles se fracturent et se retroussent suivant l'autre. Cela est très net encore à Sériphos, où Fiedler avait déjà observé la coexistence des deux directions. Ces deux dernières dislocations sont intimement liées aux derniers phénomènes de bombement de l'écorce suivant deux directions NS et EW, comme j'ai exposé ailleurs (*Régression quaternaire*, p. 65 et suiv., Athènes, 1912), et au morcellement subséquent de l'Ægéïde le long de fractures parallèles à tous les plissements antérieurs. L'âge récent de ces dislocations est prouvé par l'allure des couches pliocènes de l'Attique, qui ont généralement une direction EW : on retrouve souvent cette direction dans les couches pliocènes du nord du Péloponnèse, accompagnée de la direction NS.

Il ressort de ce court exposé qu'en Grèce se vérifie la loi, formulée par Marcel Bertrand, que tout système de plis principaux est accompagné d'un système de plis perpendiculaires.

HYDROLOGIE. — *Sur l'étude des températures des eaux souterraines dans les captages pour l'alimentation publique.* Note de M. **F. Dienert**, présentée par M. Roux.

Dans une récente Note (*Comptes rendus*, 3 mars 1913), M. E.-A. Martel insiste tout particulièrement sur l'importance pratique des variations saisonnières de température de certaines eaux souterraines.

Pour notre part, si nous utilisons fréquemment cette méthode d'investigation simple et commode, nous ne saurions lui attribuer une importance aussi grande que ne le voudrait mon savant collègue.

La pratique journalière m'a appris, en effet, que la température d'une source n'est bien connue que lorsque ses eaux sont récoltées au griffon, à l'endroit même où elles sortent de terre. Et encore, comme nous le montrent les sources d'excellentes qualités sortant de la craie sénonienne de la vallée d'Eure, à Fontaine-sous-Jouy, c'est en allant chercher ces eaux dans leur gisement géologique qu'on obtient une température très constante. Dans le bassin même de la source, en prenant moi-même toutes les précautions minutieuses qu'exige une semblable mesure (car je n'ai aucune confiance dans les enregistrements de température faits par des personnes non habituées à ce genre de travail), la température de ces eaux est variable suivant les saisons.

Contrairement à ce que pense M. E.-A. Martel, la fixité de température n'existe pas toujours dans *les véritables nappes continues* des sables et terrains finement détritiques et on la trouve, au contraire, quelquefois, dans les eaux susceptibles d'être contaminées et sortant des terrains fissurés.

A Auxerre, les eaux captées dans les alluvions de l'Yonne, circulant à travers le sable, ne présentent jamais le *b. coli* et ne contiennent que quelques germes au centimètre cube. Elles ont une température variant de 10° à 14°.

Aux sources de la Dhuys, les eaux sortant du calcaire de Champigny ont une température constante (10°,2 à 10°,5).

Cependant, avant les travaux de protection, elles devenaient troubles et étaient chargées de *b. coli*. Nous pourrions multiplier les exemples.

En résumé, si la recherche de la température est une opération commode et facile (mais délicate) qui complète la série des nombreuses investigations nécessaires pour apprécier la qualité des eaux, nous ne saurions lui attribuer une importance exceptionnelle qu'elle n'a pas.

SISMOLOGIE. — *Séismographes donnant directement les trois composantes d'un séisme et les variations lentes de la verticale.* Note de M. V. **Crémieu**, présentée par M. E. Bouty.

Dans une précédente Note [*Comptes rendus* (¹), t. 156, p. 617], j'ai montré qu'une balance de torsion dont le fil de suspension est fléchi à ses points

(¹) Dans cette Note, page 620, ligne 7 : *au lieu de* plans finis, *lire* plans fixes.

d'insertion, détermine dans l'espace un plan vertical d'azimut invariable.

Cette propriété sert de principe à la construction de séismographes dont les indications sont interprétables directement, sans correction due au mouvement partiel des appareils.

1° *Appareil pour les composantes horizontales :*

On suspend à un trifilaire l'aimant permanent d'un galvanomètre à cadre mobile. On constitue ainsi un pendule, de période t_1, et l'on règle la suspension de façon que les oscillations azimutales que le système peut aussi prendre, rencontrent un couple antagoniste très considérable.

Au centre de l'entrefer de l'aimant, on suspend, à un monofilaire, le cadre mobile lesté de manière que :

1° Sa période d'oscillation pendulaire soit rigoureusement égale à t_1;
2° Sa période d'oscillation azimutale soit au moins égale à 500 t_1.

On a ainsi deux pendules de période identique, et les déplacements de leur support commun provoqueront leur oscillation simultanée et synchrone dans un même plan vertical.

On arrive facilement à amortir les oscillations de l'aimant, en disposant convenablement une plaque de cuivre rouge épaisse au voisinage immédiat de ses pôles.

Les oscillations pendulaires du cadre sont amorties, par rapport au socle portant l'aimant, à l'aide d'un dispositif à liquide. Quant aux oscillations azimutales de ce cadre, elles sont amorties magnétiquement pour une valeur convenable de la résistance ohmique du circuit auquel il est relié.

Le fil de suspension du cadre mobile est fléchi à une de ses insertions, de façon à réaliser le cas de la figure 1 ou 2 (*loc. cit.*, p. 618). Les extrémités de l'enroulement de ce cadre sont réunies au pôle d'un second galvanomètre, fixe, dont on suit ou enregistre les mouvements.

Comme je l'ai montré (*loc. cit.*), un séisme qui ébranlera le support de l'appareil ainsi constitué, provoquera une rotation du cadre par rapport au plan de flexion de son fil de suspension, et cette rotation sera proportionnelle à l'impulsion pendulaire que le séisme communique aux deux pendules. D'ailleurs le synchronisme et la concentricité de ces deux pendules font que la position initiale du plan de flexion, par rapport à l'aimant permanent, échappe entièrement à l'ébranlement. Par suite, le courant induit dans le cadre mobile, et que le galvanomètre fixe va indiquer, sera proportionnel à l'ébranlement.

Pour avoir les deux composantes de cet ébranlement, on disposera deux appareils identiques, dont les plans de flexion des cadres mobiles feront entre eux un angle de 90°.

On a réalisé un appareil de ce genre dans les caves de la Sorbonne. Les ébranlements

dus au passage des véhicules dans les rues voisines se traduisent par des déviations de plusieurs centimètres sur une échelle placée à $1^m,50$ du miroir du galvanomètre fixe.

2° *Appareils pour les variations lentes de la verticale :*

On suspend une masse de plomb à un fil fléchi à ses deux insertions. On a vu (*loc. cit.*) que la position d'équilibre azimutal est liée à la direction de la verticale.

Il suffit donc d'enregistrer les positions d'équilibre de la masse suspendue. On n'a plus besoin ici de deux masses suspendues ; les mouvements des supports des appareils enregistreurs sont absolument négligeables.

On peut d'ailleurs augmenter considérablement la sensibilité en remplaçant le fil de suspension à section cylindrique par un ruban plat de même section.

En effet, lorsque la verticale change en modifiant $\mathfrak{M}_1$ (*loc. cit.*, *fig.* 4 et 5), le moment de G par rapport au plan bOM varie. La pesanteur, pour faire tomber G dans le plan bOM, met en jeu deux liaisons : elle modifie la valeur de $\mathfrak{M}_2$ et elle tord le fil. C'est cette torsion que nous observons, et il y a intérêt à l'augmenter. Pour une même variation de $\mathfrak{M}_1$, la torsion observée sera d'autant plus grande que $\mathfrak{M}_2$ aura moins varié.

Si, au lieu du fil cylindrique, nous avons un ruban, on sait que le couple nécessaire pour fléchir ce ruban est proportionnel au moment d'inertie de la section par rapport à l'axe de la flexion. Ce couple sera donc beaucoup plus grand si l'axe est dans le plan du plat du ruban que s'il est normal à ce plan.

D'autre part, les variations de la verticale ont, sur la flexion $\mathfrak{M}_2$, une résultante toujours dirigée dans un plan dont l'angle avec la direction initiale de Aa est constant. C'est l'angle que font entre eux, par construction, les plans verticaux HAa et BAG.

Pour rendre minimum l'effet de flexion, il suffira donc que l'axe de la flexion $\mathfrak{M}_2$ soit dans le plan du plat du ruban. L'effet de torsion observé sera ainsi augmenté par diminution de l'effet de flexion. De plus, cet effet agira contre le couple de torsion du ruban. On sait qu'à section égale, le couple d'un ruban est à celui du fil de section circulaire, comme l'inverse des moments d'inertie des sections.

On a donc, avec l'emploi des rubans, une sensibilité finalement accrue comme le carré du rapport des moments d'inertie des sections.

On a pu ainsi réaliser une balance de torsion qui, observée par réflexion sur une échelle placée à 6^m, donnait une déviation de 1^{cm} pour des variations de la verticale de $\frac{5}{100}$ de seconde d'arc.

Les constantes de l'appareil étaient les suivantes :

Ruban d'acier	82^{cm} de longueur 0,004 d'épaisseur 0,13 de largeur
Couple de torsion	100 ergs
Angle α	10 minutes
Période d'oscillation azimutale	1320 secondes

3° *Appareils pour la composante verticale.* — Le système à deux flexions est sensible aux composantes verticales de l'accélération communiquées à son support. Mais il est en même temps sensible aux composantes horizontales, et il serait impossible de distinguer ce qui revient à chacune de ces composántes.

Mais on peut employer un système très simple, dont l'idée originale revient à Babinet (¹); je me suis borné à simplifier l'application qu'il en avait faite.

Soit un bifilaire formé de deux fils de longueur l, présentant un écartement uniforme a, et que nous supposerons sans torsion initiale. Soit M la masse supportée. On sait que, pour un angle α, le couple de torsion est

$$W = \frac{Mga^2 \sin\alpha}{l}.$$

Dans la position d'équilibre, les deux fils sont dans un même plan vertical.

Tordons l'un des fils d'un angle θ à partir de ce plan, et soit C la constante de torsion commune des fils. Le système suspendu va prendre une nouvelle position d'équilibre dans un plan vertical faisant avec le premier un angle β, plus petit que θ. La masse M sera soulevée, et le second fil tordu de l'angle β. Cette position d'équilibre sera définie par la relation

$$\frac{Mga^2 \sin\beta}{l} + C\beta = C\theta.$$

Toute variation de Mg entraînera une rotation du système.

Pour des valeurs convenables de a, C, l, on arrive à des rotations de 1 degré pour des variations de Mg de $\frac{1}{1000}$.

On réalise ainsi à la fois une balance et un séismographe pour composante verticale.

Pour l'observation des séismes, on constituera l'appareil comme suit :

La masse suspendue au bifilaire sera le cadre d'un galvanomètre. Concentriquement on suspendra, à un trifilaire, l'aimant permanent du galvanomètre. Les périodes pendulaires seront rendues identiques.

L'appareil, relié à un galvanomètre fixe, donnera des courants induits proportionnels à la rotation du cadre par rapport à l'aimant et, par conséquent, proportionnels à l'accélération verticale du séisme.

M. Gambier adresse une Note intitulée : *Sur les courbes à torsion constante.*

M. Y. R. Rydberg adresse deux Notes intitulées : *Sur les grandeurs*

(¹) *Comptes rendus*, t. 56, 1863, p. 244.

fondamentales d'un système rationnel de dimensions et *Sur un système d'unités rationnelles.*

M. E. Guiraud adresse une Note relative aux résultats qu'il a obtenus dans la cure de diverses maladies par la *lactobacilline.*

M. F. Garrigou adresse une Note intitulée : *Étude sur l'eau du Verdet, près de Castres (Tarn); indications générales pour la région.*

La séance est levée à 4 heures.

COMITÉ SECRET.

SÉANCE DU 10 FÉVRIER 1913.

Rapport *sur la pétition adressée au Président de l'Académie par la plupart de ses Correspondants nationaux.*

Commissaires : MM. Guyon, Président; P. Appell, Vice-Président; Ph. van Tieghem, Secrétaire perpétuel; Émile Picard, Edmond Perrier, Dastre, Alfred Picard; Gaston Darboux, Rapporteur (H. Poincaré et Cailletet, décédés).

Messieurs,

Il y aura bientôt un an, au mois d'avril dernier, le Président de l'Académie recevait la pétition suivante, signée de la grande majorité de nos Correspondants nationaux :

Monsieur le Président,

L'Institut de France est, comme son nom l'indique, un corps essentiellement national, et non exclusivement parisien. Cette idée fut admise dès le principe, lors de la réorganisation de l'Institut, et quoique la plupart des savants qui s'occupaient de recherches originales fussent de fait rassemblés à Paris, il n'était pas nécessaire de résider dans la capitale pour être éligible à l'Institut. Il y avait à cette époque des Associés nationaux, non résidents à Paris, qui avaient le titre et les prérogatives de *Membres de l'Institut.*

Mais peu à peu, on ne tarda pas à s'apercevoir que la difficulté des communications

entraînait l'absence à peu près continuelle des Membres de province aux séances et aux travaux de l'Institut; et, dans le but d'assurer cette assiduité, on prit l'habitude d'exiger la résidence à Paris.

Aujourd'hui les conditions sont changées, quelques heures suffisent pour traverser la France; le télégraphe et le téléphone assurent encore des communications plus rapides. L'obligation de la résidence à Paris pour les Membres de l'Institut n'a plus le caractère impérieux qu'elle pouvait avoir autrefois.

D'autre part, à l'exception de l'Académie française, toutes les Académies de l'Institut ont des Associés étrangers qui jouissent des prérogatives des Membres titulaires. Il est manifestement contradictoire avec l'effort de décentralisation qui a donné un nouvel essor aux Universités provinciales, que ce qui est accordé aux Étrangers soit refusé aux Français qui n'ont pas la bonne fortune d'habiter Paris. On ne saurait soutenir qu'il soit impossible de faire en province des travaux dignes d'ouvrir à leurs auteurs les portes de l'Institut, alors qu'on ne s'inquiète pas, pour les Associés étrangers, de savoir qu'ils habitent ou non la capitale de leur pays; et si l'on veut encourager l'initiative provinciale, il faut se garder de drainer vers Paris tous les hommes de valeur.

Dans l'intérêt de la Science française, dans l'intérêt de la décentralisation, qui signifie, dans le cas actuel, extension de l'activité scientifique, il paraît donc désirable que les savants de province soient plus intimement unis à l'Institut qu'ils ne l'ont été jusqu'ici. Le titre de Correspondant ne leur confère, en dehors de l'envoi des *Comptes rendus*, que le droit de s'asseoir aux séances parmi les Membres de l'Académie : c'est un honneur qu'ils apprécient, mais ce n'est qu'un honneur.

A la vérité, l'Institut de France a des devoirs administratifs dont l'accomplissement, quelque faciles que soient les voyages, pourrait devenir onéreux ou fatigant pour les Académiciens titulaires habitant la province. Ces devoirs n'incombent pas au même degré aux Académiciens libres. Il paraîtrait équitable, en conséquence, qu'un certain nombre de Membres libres fussent désormais choisis en province, et nommés parmi les Correspondants dans les formes ordinaires. Nous estimerions aussi nécessaire que les nouvelles places d'Académiciens libres qui seraient créées fussent exclusivement réservées aux savants provinciaux.

Nous ajouterons que l'Académie de Médecine possède ainsi des Associés nationaux à côté des Associés étrangers, et qu'il est arrivé à diverses reprises que des Académies de l'Institut de France ont choisi des Membres libres habitant la province.

Pour ces divers motifs, les soussignés, *Correspondants de l'Académie des Sciences*, prient respectueusement Monsieur le Président de bien vouloir inviter cette Académie à délibérer sur cette question et à étudier les moyens d'attribuer aux savants de province un certain nombre de places nouvelles d'Académiciens libres ou, si l'on préfère, de Membres non résidents ou d'Associés nationaux portant le titre de Membres de l'Institut et ayant les mêmes prérogatives que les Académiciens libres actuels.

Signé : Bazin, Guichard, Considère, Stéphan, Ch. André, Gouy, Sabatier, de Forcrand, Depéret, Kilian, Grand'Eury, Flahault, Bertrand, Gayon, Heckel, Simon, Calmette, Gaillot, Fabre, Renaut, Vallier, Benoît, Lépine, P. Colin, Cosserat, Leclainche.

Si l'on peut relever, dans la pétition que nous venons de reproduire, quelques affirmations incomplètes relativement à la constitution de l'Institut dans le passé, il faut reconnaître que la pensée à laquelle obéissaient ses auteurs est juste, qu'elle repose sur une appréciation très nette et très précise des conditions de la recherche scientifique dans le temps présent. « Oui, l'Institut de France est un corps essentiellement national, et non exclusivement parisien. Oui, on ne saurait soutenir qu'il est impossible de faire en province des travaux dignes d'ouvrir à leurs auteurs les portes de l'Institut. Oui encore, il est grandement désirable que les savants de province soient plus intimement unis à l'Institut qu'ils ne l'ont été jusqu'ici. Il faut se garder de drainer vers Paris tous les hommes de valeur ». Sur tous ces points, notre Académie, nous pouvons le dire, a été unanime; elle a fait le meilleur accueil à la demande de nos savants Correspondants.

Leur pétition a été examinée dans la séance du 21 mai dernier, mais la discussion nous a révélé que, si l'on était d'accord sur le principe, les avis différaient, et différaient grandement, sur les moyens de donner satisfaction à ses auteurs.

Nos Correspondants, on l'a vu, présentent en première ligne une combinaison dans laquelle il serait créé un certain nombre de places d'Académiciens libres, les places nouvelles étant essentiellement réservées aux savants qui résident hors de Paris.

Cette solution ressemblerait beaucoup à celle qui a été adoptée par l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, dont le règlement comprend la disposition suivante :

Art. 20. — Sur les dix Académiciens libres, l'Académie pourra en choisir quatre, parmi les personnes non domiciliées à Paris, mais qui pourtant devront être regnicoles.

Si l'on remarque que l'Académie des Sciences compte 68 titulaires, alors que l'Académie des Inscriptions n'en a que 40, on voit que, pour conserver les proportions, notre Académie devrait avoir 17 Membres libres parmi lesquels 6 à 7 pourraient être choisis en province.

L'Académie des Beaux-Arts exige de tous ses membres, titulaires ou libres, la résidence à Paris. D'après l'article 3 de son règlement « nul ne peut être Académicien s'il n'est Français, âgé de 25 ans et domicilié à Paris ». Il en était de même autrefois pour l'Académie des Sciences morales et politiques. Mais d'après le règlement qu'elle a adopté en 1888 « la qualité de Français est seule obligatoire pour les Académiciens libres »,

de sorte que ses dix Académiciens libres pourraient, à la rigueur, être choisis hors de Paris.

Si nous en venons à notre Académie, nous remarquerons qu'elle n'a abordé cette question que par une voie indirecte. Le seul article où il soit fait mention de l'obligation de résidence est ainsi conçu :

Art. 2. — Tout membre qui s'absentera plus d'une année *sans l'autorisation de l'Académie* sera censé avoir donné sa démission.

Cet article semble impliquer que les Membres, titulaires ou libres, doivent résider à Paris. A la vérité, un pur logicien pourrait soutenir que, puisque l'Académie peut donner à ses Membres l'autorisation de s'absenter, elle a le droit, par cela même, de s'adjoindre des savants qui ne soient pas astreints à la résidence. Mais il y a des textes qu'il vaut mieux ne pas presser. Et, si l'on peut rappeler qu'une disposition de l'Ordonnance de 1816 appelait à faire partie de l'Académie en qualité de Membres libres, et *sans leur imposer l'obligation de résidence*, tous les Membres de l'ancienne Académie, adjoints, honoraires, qui vivaient encore et n'étaient pas compris dans le cadre des titulaires, il convient de remarquer ici que les traditions peuvent, quand elles sont constantes, avoir la valeur d'un règlement. En fait, les Académiciens libres de notre Académie ont toujours été choisis parmi les personnes qui pouvaient être considérées comme habitant Paris.

Les remarques précédentes nous paraissent montrer toutefois que rien, en droit, ne s'opposerait à une modification de nos règlements et à la création de places nouvelles d'Académiciens libres, exclusivement réservées aux savants des départements.

C'est à un point de vue tout autre que celui de la légalité que se sont placés ceux de nos confrères qui ont combattu cette première solution.

On a fait remarquer qu'elle « fausserait l'institution des Membres libres, exclusivement faite pour des personnes qui, sans avoir une spécialité manifeste dans telle ou telle branche des sciences, se sont signalées par l'étendue et la variété de leurs connaissances, par des applications remarquables ou par un généreux concours au progrès scientifique ».

On ne saurait nier que l'introduction dans notre section des Académiciens libres, si bien définie par les paroles que nous venons de rappeler, des savants de province auxquels nous songeons et qui auraient leur place marquée parmi nos titulaires s'ils étaient à Paris, détruirait quelque peu l'homogénéité de cette section. Pour faire disparaître cette objection, dont il ne faut pas méconnaître la valeur, on a proposé de former

une section particulière avec les nouveaux Académiciens libres, non résidents. Cette combinaison même n'a pu prévaloir. Et il n'y a aucun inconvénient à rappeler ici que ce sont les Académiciens libres surtout qui l'ont combattue. Car cela nous donnera l'occasion d'indiquer combien nous sommes fiers de les compter au nombre de nos confrères, et combien nous tenons à leur assentiment et à leur précieux concours.

D'autres combinaisons ont été proposées devant l'Académie ; par exemple l'addition d'un membre à chacune de nos douze sections; la création d'Associés nationaux, l'abandon de l'obligation de résidence à Paris pour un siège dans chaque section.

Cette dernière solution n'a pas non plus prévalu. Ses adversaires ont fait valoir « l'inégalité probable de répartition des savants de province entre les branches des sciences auxquelles correspondent les diverses sections. Ils ont objecté aussi que les sections comprennent six membres seulement, qu'elles sont chargées de certaines opérations collectives (présentations de candidatures, attributions de prix, etc.) et que ces opérations risqueraient d'être compromises par une réduction excessive du nombre des membres présents, soit en cas d'absence, soit en cas de maladie d'un des cinq membres parisiens ».

Finalement l'Académie a nommé une Commission chargée d'étudier les moyens de donner satisfaction au vœu des Correspondants.

Cette Commission, composée du Bureau de l'Académie, de MM. Poincaré, Picard, Edmond Perrier, Dastre, Cailletet et Alfred Picard, m'a chargé de vous faire connaître les résolutions auxquelles elle s'est arrêtée. Elle vous propose le texte suivant :

Il est créé à l'Académie des Sciences six places de Membres non résidents.

Elles sont réservées aux savants français qui résident hors des départements de la Seine et de Seine-et-Oise.

Nul ne peut être nommé Membre non résident s'il n'est déjà Correspondant de l'Académie.

Les Membres non résidents ont tous les droits et prérogatives assurés par le règlement aux Associés étrangers.

Ils peuvent prendre part aux travaux de l'Académie dans les mêmes conditions que les Académiciens libres actuels.

Ils auront droit de vote quand il s'agira de remplacer l'un d'eux.

Il faudrait bien se garder de voir dans la proposition que nous vous présentons un rétablissement déguisé et partiel de l'ancienne classe des Associés nationaux, qui a disparu dans la première réorganisation de l'Institut.

Les Associés nationaux pouvaient prendre le titre et porter le costume de Membres de l'Institut; mais ils ne participaient ni aux élections, ni aux décisions de la classe à laquelle ils appartenaient. Ils jouaient en quelque sorte le rôle de Correspondants de premier rang, et il était difficile, vu leur nombre, qu'il en fût autrement. Une Académie ne travaille pas avec la moitié de ses membres dispersés.

La solution que nous vous proposons donne à nos collègues de province, et sans porter atteinte à la constitution de l'Institut, la satisfaction à laquelle ils ont droit; mais de plus, mais surtout, elle permet à l'Académie de leur demander leur concours sous la forme la meilleure et la plus utile au progrès de la recherche scientifique.

Il nous reste à examiner une objection, que l'on peut d'ailleurs faire à toutes les solutions qui ont été proposées.

Si nos collègues de province, nommés Membres non résidents, viennent à Paris, leur imposera-t-on l'obligation de donner leur démission?

Nous ne croyons pas que cela soit convenable; il faut imprimer un caractère indélébile à la qualité de Membre de l'Institut. Nos confrères resteront Membres de l'Institut et ils ne seront pas remplacés, à moins qu'ils ne donnent leur démission pour se présenter à une élection de parisiens. Comme nous avons proposé de les choisir seulement parmi nos Correspondants, qui sont, en général, des savants d'un certain âge, il n'est pas à craindre que plusieurs d'entre eux se trouvent dans le cas que nous venons de signaler. Et, d'ailleurs, on ne saurait disposer pour la suite indéfinie des temps. Il faut songer que l'Académie sera toujours là et pourra, suivant les circonstances, aviser aux inconvénients qui pourraient se présenter.

G. Darboux.

10 février 1913.

Après discussion, les résolutions proposées par la Commission ont été adoptées à l'unanimité par l'Académie.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 10 mars 1913.

Institut de France. Académie des Sciences. Rapports *présentés à la cinquième Assemblée générale de l'Association internationale des Académies, sous la direction de l'Académie impériale des Sciences de Saint-Pétersbourg*, 1913. Paris, Gauthier-Villars; 1 fasc. in-4°.

Association internationale des Académies. *Rapport de la Commission pour le levé magnétique le long d'un parallèle*, par M. Rykatchew. Saint-Pétersbourg, 23 novembre/6 décembre 1912; 1 fasc. in-4°.

Promemoria in Angelegenheit eines Thesaurus der griechischen Sprache, abgefaszt von Paul Kretschmer, für die Generalversammlung der internationalen Assoziation der Akademien in St. Petersburg Pfingsten 1913. Vienne, 1912; 1 fasc. in-12.

Notice sur Henri Poincaré, par Ernest Lebon. (Extr. des *Leçons sur les Hypothèses cosmogoniques*, par Henri Poincaré; 2e édition, 1913.) Paris, A. Hermann et fils, 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Darboux. Hommage de l'auteur.)

Leçons sur les équations intégrales et les équations intégro-différentielles, professées à la Faculté des Sciences de Rome en 1910, par Vito Volterra, et publiées par MM. Tomassetti et F.-S. Zarlatti. Paris, Gauthier-Villars, 1913; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Unterkreide (Palaeocretacicum), von W. Kilian; dritte Lieferung : *Das bathyale Palaeocretacicum im süd-östlichen Frankreich; Apt-Stufe; Urgonfacies im süd-östlichen Frankreich;* mit 1 Tabelle über die Verbreitung der Urgonfacies im süd-östlichen Frankreich, 1 Kartenbeilage und 6 Tafeln sowie mehreren Texlabbildungen. (*Lethaea geognostica;* Teil II : *Das Mesozoicum;* Bd. III : *Kreide;* erste Abteilung.) Stuttgart, 1913; 1 fasc. in-4°. (Hommage de l'auteur.)

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES

SÉANCE DU LUNDI 17 MARS 1913.

PRÉSIDENCE DE M. P. APPELL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'en raison des fêtes de Pâques, la séance du lundi 24 mars est remise au mardi 25 mars.

PHYSIQUE. — *Sur les courbes de saturation et la loi des états correspondants.* Note de M. **E.-H. Amagat.**

1. J'ai montré dans une précédente Note (27 janvier 1913) que les courbes de saturation obtenues en portant en abscisses les pressions réduites et en ordonnées les valeurs de $\frac{pv}{T}$ (soit $\mathcal{E}$), courbes qui, si la loi des états correspondants était rigoureusement observée, devraient coïncider, étaient comprises dans un ruban relativement étroit et montrant bien que les écarts de la loi sont, en réalité, beaucoup plus petits qu'on le pense généralement.

On a pu remarquer, sur la figure accompagnant la Note en question, que le ruban qui contient une trentaine de courbes de saturation, ainsi que les courbes en p et pv (non réduits) (¹) tracées sur le même diagramme, s'arrêtent à une certaine distance de l'ordonnée origine ; c'est précisément à propos de la forme et des propriétés de cette partie non tracée des courbes

(¹) Par inadvertance, dans la précédente Note, on a écrit, à propos de ces courbes, « en p et $\mathcal{E}$ » au lieu de (en p et pv), page 276, huitième ligne. L'indication régulière est du reste portée à l'échelle de droite de la figure.

que je voudrais aujourd'hui ajouter un complément à ce que j'ai dit précédemment (*fig.* 1).

Sur la figure ci-dessous, qui n'est autre que celle de la précédente Note, dans laquelle les courbes ont été prolongées jusqu'aux plus faibles pressions expérimentales, on voit que la branche supérieure des courbes en

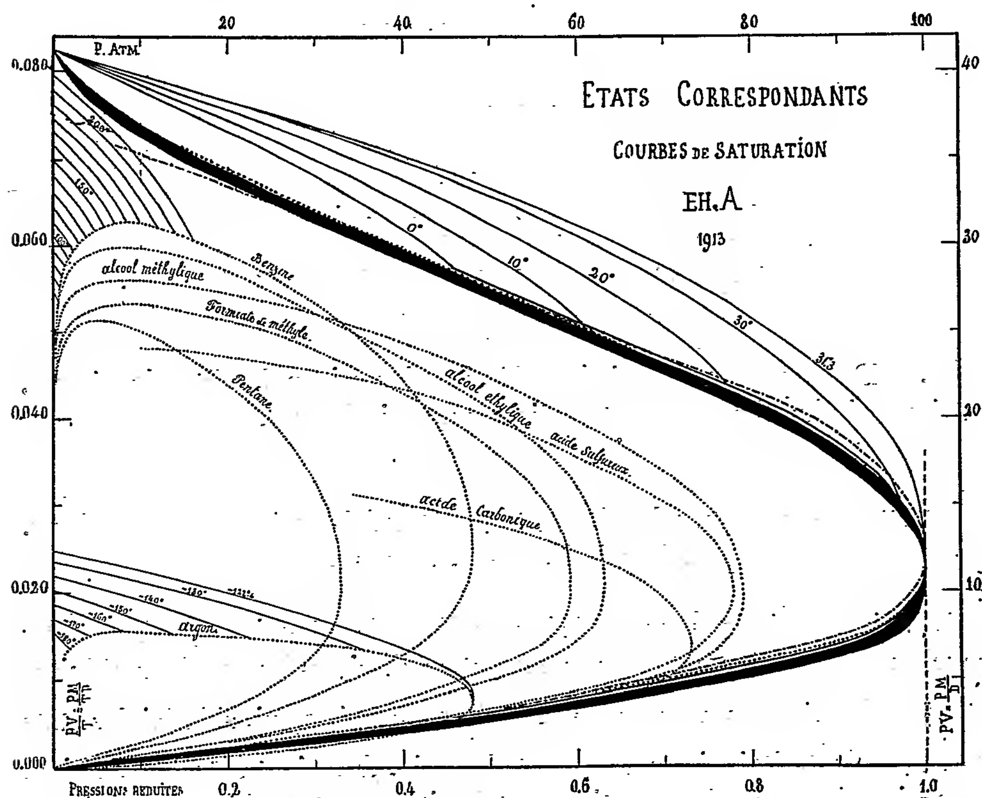


Fig. 1.

$(p - pv)$, celle qui est relative à la vapeur, après être passée par un maximum, décroît rapidement en se rapprochant de l'ordonnée initiale; elle paraît (tracée à une échelle convenable), de même que la branche inférieure, se diriger nettement vers l'origine des coordonnées; ce qui, pour la branche supérieure, ne paraît pas évident, car si la pression devient extrêmement petite, le volume devient extrêmement grand.

J'ai, du reste, ajouté aux courbes primitivement tracées celles des alcools éthylique et méthylique, dont les données expérimentales régulières (¹), dans

(¹) Celles qui dans les tableaux de M. S. Young ne sont pas entre parenthèses.

les tableaux de M. S. Young, s'étendent jusqu'à des pressions de quelques centièmes d'atmosphère. J'ai aussi ajouté aux courbes de la benzine et de l'argon, pour lesquelles la figure le permettait sans trop de confusion, un certain nombre d'isothermes; ces isothermes sont seulement approximatives, n'étant déterminées, chacune, que par la valeur de son ordonnée initiale RT (la même pour tous les fluides, à la température T) et son point de rencontre avec la courbe de saturation.

2. Revenons maintenant aux courbes en p réduit et $\frac{pv}{T}$.

Si, en arrivant aux faibles pressions, le ruban qui contient ces courbes paraît, à sa partie supérieure, s'épanouir tout en remontant légèrement, cela ne tient pas, ainsi qu'on pourrait le croire, à un accroissement des écarts de la loi, mais uniquement à ce que, dans ces conditions, les données expérimentales deviennent moins certaines; et en effet, pour un certain nombre de substances, en arrivant aux très faibles pressions, les tableaux de M. S. Young ne donnent les densités de vapeurs que comme approximatives. Mais, si l'on considère les courbes de saturation des substances pour lesquelles les densités de vapeurs sont données comme régulières jusque sous les très faibles pressions, ainsi que cela a lieu notamment pour les alcools méthylique et éthylique et pour l'éther, on voit que ces courbes, bien loin de diverger, convergent au contraire vers un point qui n'est autre que l'origine commune des isothermes. On voit très bien cela dans la figure ci-après (*fig.* 2); ce diagramme montre jusqu'aux plus faibles pressions la constellation formée par l'ensemble des points appartenant aux diverses substances, et en particulier les courbes relatives aux trois substances ci-dessus désignées.

On remarquera que la courbe de l'alcool méthylique, issue du reste du même point que les autres, sort nettement du ruban; autrement dit, l'exception due à la polymérisation déjà signalée au point critique s'étend jusqu'aux faibles pressions; il doit en être de même pour l'acide acétique.

Le ruban se termine donc à l'origine des isothermes comme l'indique la figure 1 ci-dessus; dans la région où il se raccorde avec celui de la figure primitive, il est sensiblement compris entre la courbe de l'éther ordinaire et celle tracée en trait mixte.

On remarquera encore que l'extrémité supérieure de la courbe de l'argon passe sous le ruban et ne paraît pas converger vers l'origine commune des autres courbes. Ce fait est certainement dû à des incertitudes expérimentales, conformément du reste à ce que j'ai déjà dit à propos de l'argon.

3. Il serait extrêmement intéressant de voir comment viendrait se placer la courbe de l'hélium; malheureusement nous nous trouvons ici en face d'énormes difficultés.

Pour l'hélium, en effet, toute la courbe de saturation serait comprise dans l'intervalle de quelques degrés, la température critique de ce gaz étant elle-même comprise, d'après M. Kammerlingh Onnes, entre 5° et 6° absolus; comme la pression correspondante est de $2^{atm},75$, la courbe de

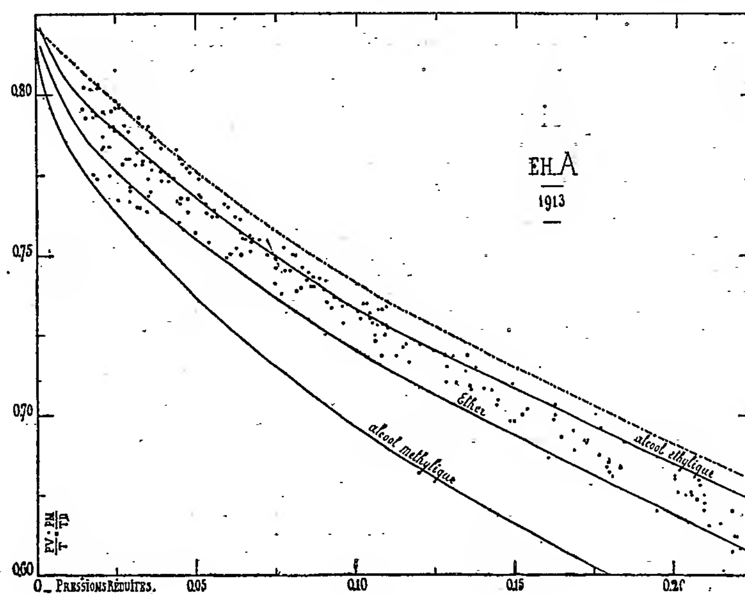


Fig. 2.

saturation construite en p et pv, à l'échelle de la figure 1, serait tellement petite qu'on ne pourrait la distinguer.

On conçoit que la plus petite erreur sur la détermination de la température absolue entraîne nécessairement des erreurs relatives considérables. Du reste M. Kammerlingh Onnes n'a donné que quelques densités de liquides et aucune densité de vapeurs; on ne pourrait donc essayer de construire que la branche inférieure de la courbe. Cette branche, construite en pressions réduites et valeurs de ε, reste notablement au-dessus du ruban et ne paraît pas converger vers l'origine, ce qui paraîtrait inexplicable; au point critique la valeur de ε serait 0,031, valeur bien plus forte que pour tous les autres fluides.

4. Enfin, je ferai encore, à propos de la loi des états correspondants, les

remarques que voici : quand j'ai tenté, autrefois, la vérification d'ensemble de cette loi, par la méthode de déformation et superposition des réseaux, j'ai opéré avec les réseaux de l'acide carbonique et de l'éthylène dont je venais de déterminer les données expérimentales dans des limites étendues de température et de pression, et qui, l'un et l'autre, comprenaient la région critique la plus intéressante et la plus compliquée; j'opérais donc dans des conditions où la coïncidence paraissait le plus difficile à obtenir et, par suite, le résultat plus décisif. On sait quel fut ce résultat; l'ensemble présente véritablement l'apparence d'un réseau unique, l'impression est bien celle d'une vérification de la loi; cependant, les courbes de saturation n'étaient pas tracées, je n'avais déterminé les données nécessaires à leur construction spéciale que pour l'acide carbonique. Si ces courbes eussent été tracées, certainement les petites divergences correspondant aux différences de a et $\mathfrak{C}$ se fussent manifestées, mais l'impression générale produite par l'ensemble n'eût pas été sensiblement modifiée; la seule objection qu'on pouvait faire est que j'étais peut-être tombé sur un choix de substances particulièrement heureux; or, il faut remarquer que c'est plutôt le contraire qui paraîtrait être arrivé, car l'acide carbonique et l'éthylène sont précisément parmi les gaz pour lesquels les valeurs de $\mathfrak{C}$ et de a sont les plus différentes (0,0227 et 0,858 pour CO^2; 0,0239 et 1,060 pour C^2H^4); parmi ceux, par conséquent, pour lesquels la coïncidence paraîtrait plutôt avoir le moins de chance de se produire.

De l'ensemble des considérations exposées dans la présente Note et dans la précédente, il me paraît résulter que, comme je l'ai déjà dit : la loi des états correspondants est tout autre chose qu'une loi grossièrement approximative, comme on a paru le penser.

Qu'il y ait de petites divergences dans le détail, suffisantes même pour caractériser des corps ou des groupes de corps, c'est bien ce qui paraît exact; mais, en dehors même des incertitudes expérimentales, dans quelle mesure ces divergences sont-elles dues à des phénomènes accessoires, dont elles peuvent être la mesure en même temps que les caractères distinctifs de corps ou de groupes, c'est ce que les progrès ultérieurs de la Science seuls pourront nous apprendre; la loi paraît donc bien subsister dans l'ensemble comme loi fondamentale, et plus profondément que dans les grands traits seulement.

5. Enfin, je reviens encore aux courbes de saturation; je les considérerai sous la forme $(p - pv)$, ce sont les courbes ponctuées de la figure 1 dont

les deux branches convergent vers l'origine des coordonnées. Ces courbes ne comportent pas seulement les états d'équilibre entre le liquide et la vapeur; à partir d'une température et d'une pression suffisamment basses il y a passage direct de l'état de vapeur à l'état cristallin; c'est ce qui a lieu par exemple pour la benzine, d'après le tableau de M. S. Young, à partir d'une température comprise entre 0° et 10° et sous une pression comprise entre $0^{atm},0349$ et $0^{atm},0598$. Il y a donc une droite de liquéfaction limite et la tension de vapeur correspondante est à la fois celle du liquide et du cristal, on est alors dans les conditions du triple point; voici donc très vraisemblablement ce qui a lieu : du point d'intersection de cette droite limite avec la branche inférieure de la courbe de saturation, part une isotherme limite, toutes les isothermes qui sont au-dessous de celle-ci correspondent à l'état cristallin sans passage par l'état liquide; pour celles qui sont au-dessus, il y a eu d'abord liquéfaction, puis cristallisation sous une pression qui surpasse d'autant plus celle qui correspond à l'isotherme limite que la température surpasse celle de cette isotherme. A la température de cette dernière isotherme la liquéfaction et la cristallisation ont lieu, pour ainsi dire, simultanément; de là résulte l'identité très probable des cristaux formés après liquéfaction ou sans liquéfaction; sans cette identité il pourrait y avoir équilibre au triple point entre la phase gazeuse, la phase liquide et deux phases cristallines; cela entraînerait l'identité des tensions de vapeurs pour deux phases cristallines différentes, ce qui est peu probable, sans paraître cependant rigoureusement impossible. De l'origine de l'isotherme limite partent les deux branches d'une courbe de saturation relative aux états liquide et cristallin; la recherche de ce que devient cette courbe de saturation est assez compliquée, on peut se proposer d'en suivre les transformations en se conformant aux idées si ingénieusement développées par M. Tamman dans un travail bien connu; mais je n'insiste pas davantage sur un sujet aux confins duquel je me trouve conduit incidemment, quoiqu'il soit bien en dehors de celui que je m'étais proposé de traiter, et sur lequel j'espère avoir l'occasion de revenir ultérieurement.

AGRONOMIE. — *Les matériaux charriés par les cours d'eau des Alpes et des Pyrénées.* Note de MM. **A. Müntz** et **E. Lainé**.

L'Administration de l'Agriculture a entrepris le recensement des grandes forces hydrauliques des Alpes et des Pyrénées, en vue de l'utilisation des

cours d'eau pour la force motrice et l'arrosage des terres. De nombreuses stations d'observation ont été établies pour le jaugeage du débit des principaux d'entre eux, particulièrement aux points qui se prêteraient à la construction de barrages pour l'établissement de réservoirs.

Mais les rivières de montagnes ayant souvent une allure torrentielle, on se préoccupe du charriage des limons qui, dans un délai plus ou moins long, envaseraient ces réservoirs et finiraient par les combler. Un intérêt de premier ordre s'attache donc à la détermination préalable des quantités de matériaux que l'eau entraîne et peut déposer lorsque sa vitesse d'écoulement vient à diminuer.

Le Comité d'études scientifiques des améliorations agricoles, nous a demandé d'étudier cette question, qui se rattache directement à la possibilité de l'utilisation des grandes forces hydrauliques. En même temps, nous avons cru intéressant de déterminer le pouvoir colmatant de ces eaux, envisagées comme eaux d'arrosage, et l'apport en éléments fertilisants qu'elles fourniraient aux terres irriguées.

En outre, au point de vue de la Géographie physique, ces recherches pourraient apporter une contribution au problème de l'érosion, de la dénudation des continents. En effet connaissant le débit moyen d'un cours d'eau, sa teneur moyenne de substances en dissolution ou en suspension, on peut calculer pour le bassin correspondant la masse des matériaux transportés, les uns formant les sédiments alluvionnaires, les autres allant se déverser dans les mers.

L'intérêt de ces dernières études est tel que les États-Unis d'Amérique n'ont pas hésité, depuis quelques années, à les entreprendre sur l'ensemble de leur immense territoire (1).

En France, les données recueillies sur ces questions sont rares, on peut même dire qu'elles manquent presque totalement.

Dans la présente étude, nous envisageons surtout le charriage des matériaux en vue de l'ensablement des réservoirs. Nous avons, pour effectuer ces recherches, établi 23 stations, 15 dans les Alpes, 8 dans les Pyrénées. Ces stations, qui se juxtaposent à des stations de jaugeage organisées par le service des grandes forces hydrauliques, ont été choisies aux points où des barrages devraient vraisemblement être construits.

Les rivières sur lesquelles ont particulièrement porté nos observations sont, pour

(1) Voir H. Baulig, *Écoulement fluvial et dénudation* (*Ann. de Géographie*, t. XIX, 1910).

la région des Alpes, l'Arve, l'Isère, l'Arvon, l'Arc, le Glandon, le Drac, la Drôme, la Durance, le Verdon, le Var, ayant toutes à certains moments des allures plus ou moins torrentielles; pour la région des Pyrénées, le Tech, la Têt, l'Agly, l'Aude, la Garonne la Neste, l'Adour.

Les quantités de limons charriées par ces divers cours d'eau sont extrêmement variables. En général les eaux des Pyrénées sont beaucoup moins limoneuses que celles des Alpes.

Ainsi, la Garonne ne porte que 5^g à $5c^g$ de limon par mètre cube. Au moment des crues exceptionnelles, elle en porte $1^{kg},500$. Son débit dépassant alors 400^{m^3} par seconde, c'est encore 52000^t de limon charriées par 24 heures.

La Neste a une allure plus torrentielle, elle charrie 13^{kg} à 16^{kg} de matériaux par mètre cube. Mais en temps normal ses eaux sont claires.

Les eaux de l'Adour sont toujours claires, la proportion de limon ne dépasse jamais 50^g par mètre cube.

L'Agly est la seule de ces rivières qui s'alimente dans un massif calcaire, celui des Corbières. Ses eaux sont ordinairement limpides. Ce n'est que par de fortes crues qu'elles charrient jusqu'à 38^{kg} de limon par mètre cube.

Les eaux des Alpes sont incomparablement plus chargées de limons. La plus limoneuse des rivières alpines est l'Isère. Dans son cours supérieur, alimenté surtout par des glaciers, ses eaux sont assez claires et la proportion des limons atteint à peine 2^{kg} par mètre cube. Dans son cours moyen, il n'en est plus de même; elle a reçu certains affluents tels que le Glandon, qui, au moment des crues, sont de véritables torrents de boue, charriant 150^{kg} à 260^{kg} de limon. Aussi les eaux de l'Isère tiennent-elles quelquefois en suspension 123^{kg} de limon par mètre cube. Le débit de l'eau étant alors de 380^{m^3} par seconde, la quantité de limon charriée en 24 heures a atteint 4000000^t. Les eaux de la Durance sont également très limoneuses, sans toutefois atteindre les mêmes teneurs. Ainsi à Mirabeau, le maximum que nous ayons observé n'a été que de $11^{kg},435$ par mètre cube, au début d'une forte crue. Le débit étant alors de 375^{m^3} à la seconde, la proportion de limon charriée en 24 heures atteignait 370000^t [1].

Ces quelques chiffres suffisent pour montrer combien sont élevées les teneurs en matériaux solides charriés par les cours d'eau des Alpes et pour mettre en garde contre le danger que présenterait la construction de barrages réservoirs, qui s'ensableraient rapidement et cesseraient alors de fonctionner.

Les eaux ne sont pas limoneuses à des époques quelconques de l'année. Les grandes rivières des Alpes, comme l'Arve, l'Isère, la Durance, dont le bassin d'alimentation comprend d'importants glaciers, ont un régime bien régulier. La période des basses eaux, se confond avec l'hiver; les eaux sont

---

(1) A d'autres points de vue, Hervé Mangon avait trouvé des résultats analogues dans ses travaux classiques sur les Limons de la Durance.

alors claires. Au printemps surviennent des crues importantes, provoquées par la fonte des neiges. Au début de ces crues, les eaux entraînent des quantités énormes de limons, qui résultent de la désagrégation des roches pendant la période de repos qui a précédé.

Ces quantités de limons mesurent en quelque sorte le degré de friabilité des roches du bassin d'alimentation. Elles peuvent servir également de mesure à la masse des roches transformées en éléments fins dans l'intervalle de deux crues. Pendant l'été, on a une période de hautes eaux entretenues surtout par la fonte des glaciers, avec des teneurs en limons notablement moins élevées que pendant les crues de printemps.

Les matières dissoutes, et en particulier la chaux, subissent en même temps des variations régulières fort curieuses. Dans les rivières des Alpes, leur proportion, élevée pendant la période des basses eaux de l'hiver, diminue à partir des crues de printemps et se maintient basse pendant l'été, pour se relever en automne.

Ainsi l'Isère, à Moûtiers, contient 208^g de chaux par mètre cube en janvier et 75^g seulement en juillet; la Durance, à Embrun, contient 138^g de chaux en janvier et seulement 70^g en juillet.

Ces résultats trouvent leur explication dans le fait que les eaux provenant de la fonte des neiges et des glaciers n'apportent pas de principes dissous et viennent diluer celles qui s'égouttent des terres et qui contribuent en toute saison à alimenter le bassin.

Les rivières des Pyrénées, où les glaciers sont absents ou peu importants, ont un régime différent. Les eaux sont claires en toutes saisons, sauf au moment des crues provoquées par des orages ou des pluies abondantes et qui peuvent survenir à une époque quelconque de l'année.

La proportion de matières dissoutes, principalement la chaux, est bien moins abondante dans ces eaux que dans celles des Alpes et n'est pas sujette à des variations notables.

Ce qui peut contribuer à donner aux Alpes une telle abondance de matériaux charriés par leurs rivières, c'est leur âge relativement récent. Les Pyrénées, de formation beaucoup plus ancienne, ont été délavées pendant un temps infiniment plus long.

Il ressort de l'ensemble de ces études qu'il ne faut entreprendre, sur les cours d'eau des Alpes, la construction de barrages réservoirs qu'avec beaucoup de prudence, car un envasement très rapide est à craindre. Il n'en est pas de même dans les rivières des Pyrénées.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la théorie de la photosphère gazeuse.* Note de M. GOUY.

1. J'ai déjà essayé de montrer que les parties du Soleil accessibles à la vue sont vraisemblablement constituées par des gaz et des vapeurs très raréfiés (¹). Il convient d'examiner de plus près quelles doivent être les apparences présentées par le Soleil dans cette hypothèse, en admettant, comme première approximation, que le rayonnement soit entièrement thermique et soumis à la loi de Kirchhoff.

Considérons dans la masse solaire une surface de niveau que nous regardons comme plane, et sur laquelle tout est uniforme ; z est sa distance à une origine extérieure au Soleil. Soit, pour un rayon de longueur d'onde λ, $f(z)\,dz$ le pouvoir absorbant de la couche dz, le rayon étant vertical. Pour la direction faisant un angle α avec la verticale (²), ce pouvoir absorbant sera $\frac{du}{\cos\alpha}$, en posant

$$u = \int_0^z f(z)\,dz. \tag{1}$$

Soit N ou $\varphi(u)$ l'éclat d'un corps noir à la température absolue T du plan (z), température qui croît avec z. L'éclat E de l'ensemble des couches, pour un observateur extérieur au Soleil, sera

$$E = \frac{1}{\cos\alpha}\int_0^\infty \varphi(u)\,e^{-\frac{u}{\cos\alpha}}\,du. \tag{2}$$

2. Considérons deux rayons 1 et 2 de longueurs d'ondes très voisines ; $f_2(z)$ est plus grand que $f_1(z)$. Comme N a la même valeur pour tous deux, on a, quel que soit z, $\varphi_1(u_1) = \varphi_2(u_2)$. Mais $u_2 > u_1$, et comme la fonction φ_2 croît avec la variable, on a donc $\varphi_2 < \varphi_1$ pour une même valeur quelconque de la variable, et par suite $E_2 < E_1$. Ainsi, *pour des rayons de*

(¹) Réserve faite pour quelques poussières dans la couronne (*Comptes rendus*, 24 juin, 1er juillet et 8 juillet 1912).

(²) La densité étant extrêmement petite, il n'y a pas à considérer de réfraction, même anomale.

même nuance, l'éclat est d'autant plus petit que le pouvoir absorbant est plus grand. De là résulte le spectre continu avec les raies de Fraunhofer [1].

3. L'équation (2) nous montre que, pour un même rayon observé sous diverses inclinaisons, *l'éclat varie avec α comme si le rayon restait vertical et que le pouvoir absorbant $f(z)$ fût multiplié par* $\frac{1}{\cos\alpha}$.

L'augmentation de l'obliquité produit donc le même effet que l'augmentation du pouvoir absorbant. La raison en est la même dans les deux cas : c'est que l'effet des couches profondes se trouve diminué et celui des couches superficielles augmenté [2]. Si la température était uniforme, il y aurait compensation exacte, mais comme elle augmente avec la profondeur, il en résulte une diminution d'éclat. *Cette diminution, pour des pouvoirs absorbants égaux, est d'autant plus grande en valeur relative que le rayon est plus réfrangible.* Ainsi s'expliquent la diminution d'éclat et la variation de teinte du disque solaire, du centre au bord [3].

4. On sait que cette diminution considérable n'est accompagnée que d'une variation assez légère des raies de Fraunhofer [4]. Dans le cas où cette variation serait nulle, les éclats E_1 et E_2, pour deux rayons de longueurs d'ondes très voisines, seraient donc dans un rapport indépendan de α. Pour cela, il suffit qu'on ait identiquement

$$f(z) = n\frac{dN^\beta}{dz}, \tag{3}$$

---

(1) En général, pour les diverses couleurs, la valeur moyenne du rayonnement ne serait pas celle d'un corps noir à une température déterminée, même si le pouvoir absorbant était indépendant de λ.

(2) Puisque l'action qui produit le spectre, fond et raies obscures, devient de plus en plus superficielle à mesure que α augmente, on devrait observer, en approchant des bords du disque solaire, les effets d'une *diminution de pression*, s'il existait une pression notable dans les couches qui produisent les raies d'absorption. La petite variation du λ des raies obscures, qu'on observe près du bord, est de sens inverse, et cet effet inexpliqué ne peut donc pas être attribué à la pression.

(3) Quant aux différences d'éclat accidentelles que montre le disque solaire, il est probable que les inégalités de température, ou en d'autres termes les déformations des surfaces isothermes, en sont la cause immédiate. L'éclat varie dans le même sens que N ou T, et l'on observe soit des minima (taches), soit des maxima (facules, grains).

(4) La théorie usuelle du Soleil rend difficilement compte de ce fait; en effet, l'intensité des raies devrait beaucoup augmenter quand la couche renversante se trouve traversée suivant un parcours double ou triple, en raison de l'obliquité du rayon.

n et β étant des coefficients indépendants de z et arbitraires, le second pourtant ne variant que lentement avec λ. Si cette condition est à peu près satisfaite, on aura, comme dans la réalité, une faible variation des raies obscures (¹).

5. Examinons maintenant quelle apparence présentera le bord du disque solaire. Soit x la distance du rayon visuel au centre du Soleil, et q la quantité de vapeur d'une certaine espèce qui se trouve sur le rayon visuel (²). Dans la couche assez mince que nous avons à considérer, négligeons les différences de température et admettons aussi que l'absence de courants de convection a permis à la pesanteur de réaliser un état d'équilibre. La densité de cette vapeur à la distance r du centre du Soleil sera ae^{-kr}, et l'on aura très sensiblement

$$(4) \qquad q = a\sqrt{\frac{2\pi x}{k}}\,e^{-kx}.$$

Admettons pour un moment que les diverses vapeurs se comportent à peu près de même. Si l'on examine le Soleil au spectroscope, dans des conditions optiques excellentes, on verra des raies brillantes commencer à se montrer à une certaine distance x_1 correspondant à q_1, puis augmenter d'éclat et de largeur de plus en plus, jusqu'à ce que, à une distance x_2 correspondant à q_2, elles soient si élargies qu'elles forment en se rejoignant un spectre bien continu (³). Le rapport $q_2 : q_1$ n'est pas bien connu, mais, d'après les observations faites sur le sodium (⁴), on peut le regarder comme compris entre 10^6 et 10^{12}, pour les raies principales.

Cette couche de transition serait donc l'équivalent de la couche du spectre-éclair, qu'on observe surtout aux éclipses. Son épaisseur $x_1 - x_2$ serait, d'après les chiffres ci-dessus, de 26^{km} à 51^{km} pour 3000° absolus et

---

(¹) L'éclat du disque solaire serait alors proportionnel à $(\cos\alpha)^{\frac{1}{\beta}}$. Cette formule représente bien les nombres de Vogel (sauf à l'extrême bord), pour le violet, le bleu et le vert, moins bien pour le jaune et le rouge.

(²) C'est donc la quantité de vapeur qui est contenue dans un cylindre de 1^{cm^2} de section, indéfini dans les deux sens, dont l'axe est le rayon visuel.

(³) Pour faciliter le calcul, nous avons admis l'uniformité de température, mais en réalité, les couches extrêmes étant moins chaudes, ces raies élargies seront terminées par des raies noires de renversement, qui finiront par constituer les raies de Fraunhöfer.

(⁴) *Loc. cit.*

des vapeurs de poids moléculaire 50; elle serait d'ailleurs en raison inverse du poids moléculaire.

Sans spectroscope, le disque solaire serait terminé par une pénombre diffuse ayant cette largeur, qui est de l'ordre de 0",05, et serait donc invisible dans les conditions des observations actuelles. La couche du spectre-éclair serait ainsi environ 20 fois plus mince que dans la réalité. Sans doute ce désaccord peut être attribué en partie à ce que la pesanteur ne corrige pas bien l'effet des courants de convection, mais cette explication paraît insuffisante (1).

Du reste, comparé au Soleil véritable, celui que nous envisageons ici est simplifié à plusieurs points de vue; ainsi nous ne tenons pas compte des actions électriques qui peuvent jouer un certain rôle, et qui produisent sans doute les raies de l'hydrogène et de quelques autres corps.

CORRESPONDANCE.

S. A. R. le Duc des Abruzzes adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

ASTRONOMIE. — *Sur le trouble du ciel et l'affaiblissement du rayonnement solaire, observés pendant l'année* 1912. Note de M. **D. Eginitis**, présentée par M. Bigourdan.

Vers la fin du mois de juin 1912, M. Wolf, de Heidelberg, a le premier constaté un trouble blanchâtre du ciel, semblable à un voile de cirro-stratus, accompagné de couleurs crépusculaires extraordinaires; le Soleil et la Lune paraissaient d'une couleur brune et les étoiles affaiblies de deux grandeurs (*Astr. Nach.*, n° 4587, *Met. Zeitschr.*, juillet 1912).

Une circulaire de M. Maurer, de Zurich, en sa qualité de président de la Commission de la radiation du Comité météorologique international, vient d'attirer l'attention des observatoires sur l'étude des conditions générales de l'apparition de ce phénomène, qui, suivant une Communication de

(1) Ceci confirme la remarque, souvent faite, qu'en appliquant la loi de Mariotte, et ne tenant compte que de la pesanteur, on trouve que les diverses couches de l'atmosphère solaire devraient être beaucoup plus minces qu'elles ne sont en réalité.

M. Marten, de Potsdam (*Met. Zeitschr.*, novembre 1912), est très nettement constaté dans les indications héliographiques.

La grande clarté habituelle du ciel de l'Attique, bien souvent prolongée jusqu'à l'horizon même, nous permet l'étude de ce phénomène, dans des conditions excellentes, au moyen des indications de notre héliographe Campbell installé à l'Observatoire d'Athènes.

Nos feuilles héliographiques montrent, d'une manière même bien frappante, un affaiblissement progressif du rayonnement solaire depuis le 7 avril 1912, soit deux mois et demi avant le jour (21 juin 1912), où M. Wolf, a, pour la première fois, après le passage de la comète de Halley constaté de nouveau les phénomènes atmosphériques ci-dessus. Faute de jours indubitablement clairs avant le 7 avril, nous ne pouvons fixer exactement la date où cet affaiblissement solaire a commencé.

Le phénomène se traduit, sur nos feuilles héliographiques, non seulement par un retard le matin et une avance le soir, bien sensibles et graduels, des heures de commencement et de la fin des traces solaires, par rapport aux heures normales correspondantes, mais encore par une diminution progressive et très sensible de l'intensité de ces traces.

Le 7 avril 1912, le retard du matin est d'environ 10 minutes et l'avance du soir de 15 minutes. La diminution de l'intensité de la trace héliographique ne paraît pas encore sensible. Pendant tout le reste du mois d'avril, le phénomène se renforce graduellement; vers la fin de ce mois, le retard du matin arrive jusqu'à 25 minutes, l'avance du soir jusqu'à 20 minutes, et l'affaiblissement de l'intensité de la trace solaire commence à se faire sentir sur les feuilles.

Pendant le mois de mai, le phénomène paraît croître constamment : le retard du matin monte à 30^m-35^m, l'avance du soir à 20^m-25^m, et la diminution de l'intensité des traces héliographiques augmente sensiblement.

Le phénomène paraît s'affaiblir vers la fin du mois de mai jusqu'à environ le milieu de juin; pendant cet intervalle de temps, les différences des heures du commencement et de la fin des traces ne sont que de 10^m-20^m le matin et de 5^m-10^m le soir; l'affaiblissement de l'intensité des traces solaires a également diminué. A partir du 17 juin, les différences horaires remontent de nouveau à 30^m-35^m et les traces solaires s'affaiblissent de plus en plus.

Pendant le mois de juillet, le phénomène se renforce considérablement; les retards du matin montent à 45^m-$1^h 10^m$ et les avances du soir à 15^m-$1^h 15^m$. De même, l'affaiblissement des traces solaires sur les feuilles héliographiques va graduellement en croissant, pour atteindre son maximum vers le commencement du mois d'août; les différences des heures du commencement et de la fin de ces traces montent alors à $1^h 10^m$-$1^h 15^m$.

Depuis le 5 du mois d'août, les traces héliographiques deviennent graduellement de plus en plus fortes, et les différences des heures diminuent de $1^h 15^m$ à 40^m vers la fin de ce mois.

On doit noter que les traces solaires sur les feuilles sont bien plus faibles pendant les heures du matin que pendant celles du soir, depuis la fin de juillet jusqu'au 20 août; cette différence ne s'observe pas avant le 30 juillet, ni après le 20 août 1912.

Au mois de septembre, on constate une recrudescence du phénomène, au moins pour les différences des heures, qui remontent à 1^h5^m-1^h15^m.

Les différences diminuent beaucoup et brusquement au mois d'octobre; elles ne sont que de 20^m-40^m.

Au mois de novembre, le phénomène paraît avoir pris fin; mais le mauvais temps ne nous permet pas de fixer la date exacte de sa disparition.

ASTRONOMIE. — *Observation de l'occultation des Pléiades par la Lune, faite le 13 mars 1913, à l'Observatoire de Lyon.* Note de MM. **Luizet** et **J. Guillaume**, présentée par M. B. Baillaud.

Désignation des étoiles.	Phén.	Instr.	Gross.	Temps moyen de Lyon. (h m s)	Remarques.
W. 12 (8,3).....	I	C	75	9.18.29,0	
	I	B	45	9.18.28,9	Étoile en contact 6ˢ avant
An. 1 (8,3)......	I	C	75	10.12.47,2	
	I	B	100	10.12.47.2	Étoile en contact 4ˢ avant
17^b (4,0)........	I	C	75	10.19.17,6	
	I	B	100	10.19.17,6	
An. 7 (8,1)......	I	C	75	10.23. 0,1	
	I	B	100	10.23. 0,5	
17^b (4,0)........	E	C	75	10.26.15,4	
23^d (4,5)........	I	C	75	10.28.28,7	
	I	B	100	10.28.28,6	
An. 13 (8,6).....	I	C	75	10.48.36,3	Difficile à suivre
	I	B	100	10.48.35,8	Difficile à suivre, disparue entre le battement de 2ˢ
An. 22 (7,5).....	I	C	75	10.54.51,0	
	I	B	100	10.54.51,3	
An. 19 (7,3).....	I	C	75	10.55.34,5	
	I	B	100	10.55.34,6	
An. 17 (7,2).....	I	C	75	11. 0.13,6	
	I	B	100	11. 0.13,2	Intermittences d'éclat à deux reprises avant disparition
24^p (6,7)........	I	C	75	11. 4.18,6	
	I	B	100	11. 4.18,7	
η Taureau (3,2)..	I	C	75	11. 5.59,0	
	I	B	100	11. 5.59,4	Contact 4ˢ à 5ˢ avant

Ces occultations ont été observées à l'équatorial coudé (C) par M. Luizet, et à

l'équatorial Brünner (B) par M. Guillaume. Les phénomènes ont tous été notés au bord obscur, bien visible, de la Lune.

Les observations rapportées ont été faites dans des éclaircies, et, malgré l'état très nuageux du ciel, la définition des images était bonne.

La suite des phénomènes, qui se produisait près de l'horizon, a été cachée par un banc de nuages.

La désignation et la grandeur des étoiles sont données d'après le *Catalogue des Pléiades* de M. Lagrula.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les matrices hypohermitiennes et les unitaires.* Note de M. **Léon Autonne**, présentée par M. Jordan.

Dans deux Mémoires déjà anciens [*Sur l'hermitien* (*Rendiconti* du Cercle mathématique de Palerme, 1902); *Sur l'hypohermitien* (*Bull. de la Soc. math.*, 1903)], j'ai étudié les matrices hypohermitiennes et les unitaires. Soient : $\bar{a}$ la conjuguée de l'imaginaire a; $A = (a_{jk})$ une matrice n-aire, $\{j, k = 1, 2, \ldots, n\}$; A' sa transposée, $A' = (a_{kj})$; $\bar{A} = (\bar{a}_{jk})$, sa conjuguée. Pour que A soit *hypohermitienne*, il faut et il suffit que : 1° $A' = A$; 2° l'expression, toujours réelle, $\sum_{jk} a_{jk} x_j \bar{x}_k$, ne devienne négative pour aucun choix des x. Une hypohermitienne invertible devient *hermitienne*. A est *unitaire* si $A\bar{A}' = E_n = n$-aire unité. Les racines caractéristiques : 1° pour une hypohermitienne, sont réelles et non négatives; 2° pour une unitaire, ont le module 1. Une hypohermitienne ou une unitaire sont canonisables et admettent une canonisante unitaire.

La continuation des recherches précédentes m'a conduit à une suite de propositions qui ne paraissent pas absolument dénuées d'intérêt.

Théorème I. — *Soit une matrice donnée quelconque* A. *Il existe toujours une hypohermitienne canonique* F *et un couple* (L, M) *de deux unitaires* L *et* M, *tels qu'on ait* $A = LFM$. F *est définie sans ambiguïté. Si* (L, M) *est un couple, tous les autres sont fournis par la formule* $(LT, T^{-1}M)$, *où* T *est une unitaire quelconque échangeable à* F.

Théorème II. — *Si l'on s'astreint à rester dans le réel, l'énoncé précédent subsiste, sauf que les unitaires* L, M, T *sont réelles, c'est-à-dire orthogonales.*

THÉORÈME III. — *Soit* A *une orthogonale complexe donnée quelconque,* $AA' = E_n$. *Introduisons l'orthogonale* $\Omega = \Phi + i\Psi$, *où* $i^2 + 1 = 0$, Φ *et* Ψ *désignent deux matrices réelles* ($n = n_0 + 2\nu$)

$$\Phi = \left|\begin{array}{ccc|c} \Theta & 0 & 0 & \nu \\ 0 & \Theta & 0 & \nu \\ 0 & 0 & E_{n_0} & n_0 \\ \nu & \nu & n_0 & \end{array}\right|, \qquad \Psi = \left|\begin{array}{ccc|c} 0 & -H & 0 & \nu \\ H & 0 & 0 & \nu \\ 0 & 0 & 0 & n_0 \\ \nu & \nu & n_0 & \end{array}\right|,$$

Θ *et* H *étant deux hermitiennes canoniques* ν*-aires, liées par la relation* $\Theta^2 - H^2 = E_\nu$. *Il existe toujours un couple* (U, V) *de deux matrices* U *et* V, *réelles et orthogonales, tel que* $A = U\Omega V$. Ω *est définie sans ambiguïté. Si* (U, V) *est un couple, tous les autres sont fournis par la formule* ($UT, T^{-1}V$), *où* T *est une orthogonale réelle quelconque échangeable à* Ω, *c'est-à-dire à* Φ *et à* Ψ.

Dans les recherches de Dynamique et de Physique mathématique qui se rattachent au *principe de relativité* (Einstein, Lorentz, Minkowski, H. Poincaré, etc.), on nomme (*voir* par exemple : LAUE, *Das Relativitätsprinzip* et BRILL, *Das Relativitätsprinzip : Eine Einführung in die Theorie*) *transformation lorentzienne* une substitution linéaire et homogène, réelle et quaternaire, qui, effectuée sur les quatre variables x, y, z, u, admet pour invariant absolu l'expression $x^2 + y^2 + z^2 - u^2$. Généralisant notablement cette définition, je nomme *lorentzienne* toute substitution linéaire et homogène, n-aire et réelle, qui, effectuée sur les n variables x_j, admet pour invariant absolu l'expression $X = \sum_{jk} a_{jk} x_j x_k$, où la matrice (a_{jk}) est réelle et invertible.

Il est licite, sans restreindre la généralité, de faire

$$X = x_1^2 + \ldots + x_\upsilon^2 - x_{\upsilon+1}^2 - \ldots - x_n^2,$$

avec $\upsilon + \varpi = n$. On a d'abord des lorentziennes *banales* à existence évidente $\left(\begin{array}{cc|c} p & 0 & \upsilon \\ 0 & q & \varpi \\ \upsilon & \varpi & \end{array}\right)$, p et q étant des matrices réelles et orthogonales, respectivement υ-aire et ϖ-aire.

THÉORÈME IV. — *Soit une lorentzienne quelconque* A. *Introduisons la*

lorentzienne

$$F = \begin{vmatrix} E_{\upsilon-\nu} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \Theta & H & 0 \\ 0 & H & \Theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & E_{\varpi-\nu} \end{vmatrix} \begin{matrix} \upsilon-\nu \\ \nu \\ \nu \\ \varpi-\nu \end{matrix}, \qquad \begin{matrix} \upsilon-\nu & \nu & \nu & \varpi-\nu \end{matrix}$$

(Θ et H étant deux hermitiennes canoniques ν-aires, liées par la relation $\Theta^2 - H^2 = E_\nu$).

Il existe toujours un couple (L, M) *de deux banales* L *et* M, *tel qu'on ait* $A = LFM$. F *est définie sans ambiguïté. Si* (L, M) *est un couple, tous les autres sont fournis par la formule* (LT, $T^{-1}M$), *où* T *est une banale quelconque échangeable à* F.

Pour les lorentziennes ordinaires, $\eta = 4$, $\upsilon = 2$, $\varpi = \nu = 1$,

$$F = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \theta & \eta \\ 0 & 0 & \eta & \theta \end{vmatrix}$$

[θ, η = positifs, $\theta^2 - \eta^2 = 1$; posons $\theta = k$; $\eta = kq$, $k = +(1-q^2)^{-\frac{1}{2}}$; on retombe sur la formule connue (16*a*), p. 9 de Brill].

Théorème V. — *Soit* A *une unitaire donnée quelconque. Introduisons l'unitaire canonique* $F = |x_j, x_j e^{i\alpha_j}|$, *où* 1° $\cos\alpha_j > 0$, *ou* 2° $\sin\alpha_j = 1$, *si* $\cos\alpha_j = 0$. *Il existe toujours un couple* (U, V), *de deux réelles et orthogonales* U *et* V, *tel que* $A = UFV$. F *est définie sans ambiguïté. Si l'on a un couple* (U, V), *tous les autres sont fournis par la formule* (UT, $T^{-1}V$), *où* T = *réelle orthogonale quelconque, échangeable à* F.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la solution des équations séculaires et des équations intégrales.* Note de M. **Ch. Müntz**, présentée par M. Émile Picard.

Dans une Note récente sur le même sujet (¹), nous avons donné une méthode directe pour trouver les axes principaux (les fonctions principales)

(¹) *Comptes rendus*, 6 janvier 1913.

d'une forme quadratique (d'un noyau symétrique) quelconque. La même méthode permet aussi de trouver directement les constantes caractéristiques λ; il est bien remarquable que cette méthode reste encore vraie, à quelques restrictions près, dans le cas plus général d'une forme bilinéaire (d'un noyau) *non symétrique*, d'ailleurs réelle ($-l$) ou non.

Soit donc à résoudre l'équation

$$(1) \qquad \left\| c_{ik} - \frac{1}{\lambda}\varepsilon_{ik} \right\| = 0, \qquad \varepsilon_{ii} = 1, \qquad \varepsilon_{ij}(j \neq i) = 0.$$

où les c_{ik} sont des constantes arbitraires. Pour éviter des circonstances plus compliquées, nous nous bornons ici au cas où les c_{ik} et les racines λ sont *réels;* nous supposons de plus tous les λ sont positifs, ce que ne diminue pas la généralité. Formons les puissances

$$C^\nu = \| c_{ik} \|^\nu = \| c_{ik}^{(\nu)} \|,$$

et laissons de côté, s'il y en a, les éléments ou les mineurs égaux à zéro pour tous les ν. Soient $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_n$ les racines de (1), ordonnées en croissant. On aura :

a. En général, le rapport $c_{ik}^{(\nu)} : c_{ik}^{(\nu+1)}$ tendra pour ν croissant indéfiniment vers λ_1; c'est, à ce qu'il semble, le seul résultat déjà connu de cette théorie, dû à M. Perron (*Math. Ann.*, t. LXIV).

b. Le rapport de deux mineurs correspondants d'ordre μ dans C^ν et $C^{\nu+1}$ tend en général vers le produit $\lambda_1 \lambda_2 \ldots \lambda_\mu$; on peut déduire ce résultat du précédent, en se servant de quelques identités pour les déterminants, données par M. Rados (*Ibid.*, t. XLVIII).

Mais voici les énoncés plus précis :

c. Dans des cas spéciaux seulement et pour des indices spéciaux, les rapports en question convergeront vers une racine autre que λ_1, ou vers un produit des racines autre que $\lambda_1 \lambda_2 \ldots \lambda_\mu$.

d. On obtiendra précisément λ_1 et les produits $\lambda_1 \lambda_2 \ldots \lambda_\mu$, si l'on prend, en passant à la limite, les rapports des valeurs absolues des lignes correspondantes ou de leurs combinaisons dans C^ν et $C^{\nu+1}$, le carré d'une telle valeur étant défini par la somme des carrés des éléments ou des mineurs de ces lignes.

Au fond, notre méthode présente une simple généralisation du procédé connu de Bernoulli, et elle est valable dans les mêmes cas que ce dernier. Toute équation algébrique pouvant s'écrire de différentes manières comme

équation séculaire (1), on aura ainsi une méthode directe de solution numérique.

On fera aisément l'extension possible aux problèmes analogues transcendants, et surtout aux équations intégrales.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les familles de fonctions algébroïdes.* Note de M. **Georges Rémoundos**, présentée par M. Émile Picard.

1. On sait que les théorèmes de M. Picard sont complétés par les travaux de MM. Landau, Hurwitz, Schottky, Carathéodory et Boutroux [1], qui donnent une propriété commune à toute une famille de fonctions holomorphes admettant des valeurs exceptionnelles; j'ai fait connaître des théorèmes appartenant au même ordre d'idées et concernant des familles de fonctions multiformes dans un domaine dans deux Notes antérieures (*Comptes rendus :* 1° *Le théorème de M. Picard et les fonctions multiformes*, t. 155, 28 octobre 1912, p. 818; 2° *Le théorème de M. Picard et les fonctions algébroïdes*, 30 décembre 1912).

2. Je me propose de faire connaître ici de nouveaux résultats concernant les familles de fonctions algébroïdes.

I. *Considérons une famille* (f) *de fonctions algébroïdes définie par l'équation*

$$F(z, u) = u^n + A_1(z)u^{n-1} + A_2(z)u^{n-2} + \ldots + A_{n-1}(z)u + g(z) = 0, \tag{1}$$

où les fonctions entières $A_1(z), A_2(z), \ldots, A_{n-1}(z)$ *ont tous leurs coefficients donnés et fixes :*

$$\left\{\begin{array}{l} A_1(z) = a_1 + b_1 z + c_1 z^2 + \ldots, \\ A_2(z) = a_2 + b_2 z + c_2 z^2 + \ldots, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ A_{n-1}(z) = a_{n-1} + b_{n-1} z + c_{n-1} z^2 + \ldots, \end{array}\right. \tag{2}$$

et $g(z)$ *désigne une fonction entière*

$$g(z) = a + \mu_1 z + \mu_2 z^2 + \mu_3 z^3 + \ldots, \tag{3}$$

dont le premier coefficient seulement est fixe, tandis que tous les autres, μ_1, μ_2, μ_3, ..., *sont des paramètres variables; considérons aussi un nombre* u_1 *diffé-*

(1) Tout récemment M. Montel a fait connaître des nouvelles généralisations importantes des théorèmes de M. Picard [*Sur quelques généralisations nouvelles des théorèmes de M. Picard* (*Annales de l'École Normale*, 3e série, t. XXIX, année 1912; *Comptes rendus des séances de la Société mathématique de France*, séance du 18 décembre 1912)].

rent des racines de l'équation

(4) $$P(u) = u^{n-1} + a_1 u^{n-2} + a_2 u^{n-3} + \ldots + a_{n-1} = 0,$$

il existe un nombre fixe K *tel que toute fonction de la famille* (f) *assujettie à la condition*

(5) $$|\mu_1| > K$$

prenne une fois au moins l'une des valeurs 0 *et* u_1 *à l'intérieur d'un cercle*

(6) $$|z| < R$$

dont le rayon R *dépend seulement des nombres* n, u_1, a_1, b_1, a_2, b_2, ..., a_{n-1}, b_{n-1}, a, μ_1 [*et nullement des autres coefficients des séries* (2) *et* (3)].

Le rayon R doit satisfaire à l'inégalité

$$R > \varphi(\gamma_0, \gamma_1) \quad (^1),$$

où

$$\gamma_0 = \frac{-a}{u_1 P(u_1)}, \qquad \gamma_1 = -\frac{\mu_1 P(u_1) - a(b_1 u^{n-2} + b_2 u^{n-3} + \ldots + b_{n-1})}{u_1 [P(u_1)]^2}.$$

J'établis ensuite un théorème plus général concernant les familles (F) définies par une équation

$$\Psi(z, u) = u^n + A_1(z) u^{n-1} + \ldots$$
$$+ A_{\nu-1}(z) u^{n-\nu+1} + g(z) u^{n-\nu} + A_{\nu+1}(z) u^{n-\nu+1} + \ldots + A_n(z) = 0,$$

dans laquelle le coefficient $g(z)$ d'un terme quelconque contient les paramètres variables μ_1, μ_2, μ_3, ..., les autres fonctions entières $A_1(z)$, $A_2(z)$, ..., $A_{\nu-1}(z)$, $A_{\nu+1}(z)$, ..., $A_n(z)$ étant fixes; nous considérons ici deux valeurs quelconques u_1 et u_2 différentes de zéro.

Ce théorème a le même énoncé que le précédent, sauf que la condition $P(u_1) \neq 0$ est remplacée par la suivante :

$$(u_1^\nu - u_2^\nu) + a_1(u_1^{\nu-1} - u_2^{\nu-1}) + \ldots$$
$$+ a_{\nu-1}(u_1 - u_2) + a_{\nu+1}\left(\frac{1}{u_1} - \frac{1}{u_2}\right) + \ldots + a_n\left(\frac{1}{u_1^{n-\nu}} - \frac{1}{u_2^{n-\nu}}\right) \neq 0.$$

Lorsque $\nu = n$ et $u_2 = 0$, nous retombons à la condition $P(u_1) \neq 0$ du théorème I.

Faisons encore pour le théorème I la remarque suivante : Si nous donnons au paramètre μ_1 une valeur fixe assujettie à la condition (5), nous obtenons

---

(1) C'est la fonction bien connue indiquée par M. Landau et déterminée par M. Carathéodory. Voir, par exemple : E. LANDAU, *Ueber den Picardschen Satz* (*Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zurich*, Jahrgang 51, 1906).

une nouvelle famille extraite de la famille (f), pour laquelle le rayon R est aussi *fixe*.

3. Donnons la définition suivante : Une valeur $u_1 \neq 0$ sera dite *hyper-exceptionnelle* d'une fonction algébroïde $u = a(z)$ dans un domaine (D) si cette fonction et son adjointe a_1 ne prennent pas la valeur u_1 dans ce domaine. Nous établissons le théorème suivant :

II. *Soit* (G) *la famille de fonctions* $u = a(z)$ *algébroïdes ayant le même nombre* n *de branches et prenant en* $z = 0$ *comme valeurs les racines de l'équation*

$$P(u) = u^n + a_1 u^{n-1} + a_2 u^{n-2} + \ldots + a_{n-1} u + a_n = 0,$$

les coefficients $a_1, a_2, \ldots, a_n$ *étant des nombres donnés quelconques.*

Si les valeurs 0 *et* ∞ *sont exceptionnelles et la valeur* $u_1 \neq 0$ *est hyper-exceptionnelle pour toute fonction de la famille dans un cercle* $|z| < R$, *il existe un nombre fixe* $K(a_1, a_2, \ldots, a_n, u_1) > 0$ *tel que nous ayons l'inégalité* (1)

$$|u| > K$$

satisfaite pour une au moins des branches dans le cercle $|z| < \frac{R}{2}$.

Le nombre K est donné par la formule

$$K = \frac{|u_1|}{1 + \left|\left(\omega(\delta_0)\right)^{\frac{1}{n}}\right|},$$

où l'on a

$$\delta_0 = \frac{P(u_1)}{a_n}, \qquad \omega(\delta_0) = e^{\frac{\pi^2 8}{\sqrt{\lambda}}},$$

en désignant par λ le plus petit des nombres

$$|\log \delta_0|, \quad |\log(1 - \delta_0)|, \quad \left|\log\left(1 - \frac{1}{\delta_0}\right)\right|,$$

les logarithmes étant pris en valeur réduite.

4. Donnons les définitions suivantes :

α'. Si nous considérons une suite de fonctions

$$f_1(z), \quad f_2(z), \quad f_3(z), \quad \ldots, \quad f_n(z), \quad \ldots,$$

(1) On peut dire que la famille en question est *bornée* dans un sens large du mot, parce que les n points $u = a(z)$ ne pénètrent jamais simultanément à l'intérieur du cercle $|u| > K$, qui est, par conséquent, un domaine exceptionnel pour la famille (G). L'intérêt d'une telle famille, dans le cas de fonctions holomorphes, est montré par M. Montel [*Sur les familles de fonctions analytiques qui admettent des valeurs exceptionnelles dans un domaine* (*Annales de l'École Normale*, 3e série, t. XXIX, 1912)].

algébroïdes à ν branches dans un domaine D, nous dirons que cette suite converge uniformément vers un ensemble fini de fonctions algébroïdes $f(z)$, si l'on peut faire correspondre à chaque nombre positif ε arbitrairement petit un entier p tel que pour $n > p$ on ait

$$|f(z) - f_n(z)| < \varepsilon,$$

pour une au moins des branches des $f(z)$ et pour une au moins des branches des $f_n(z)$ et pour tout point z appartenant au domaine D_1.

C'est une généralisation de la convergence uniforme classique.

β'. Une famille (F) de fonctions algébroïdes à ν branches dans un domaine D sera dite *normale* si, de toute suite infinie formée de fonctions de (F), on peut extraire une suite nouvelle convergeant uniformément, dans l'intérieur de D, *vers des fonctions algébroïdes (l'infini compris), dont le nombre total de branches est égal à* ν. Le nombre des fonctions limites sera, par conséquent, au plus égal à ν; si $\nu = 1$, nous retombons à la notion des familles normales de fonctions holomorphes utilisée par M. P. Montel dans ses importants travaux. [1. *Sur les suites infinies de fonctions* (Thèse et *Annales de l'École Normale*, 3e série, t. XXIV, 1907); 2. *Leçons sur les séries de polynomes à une variable complexe*, Paris, Gauthier-Villars; 3. *Sur les familles de fonctions analytiques qui admettent des valeurs exceptionnelles dans un domaine* (*Annales de l'École Normale*, t. XXIX, 1912).]

Nous établissons le théorème suivant :

III. *Toute famille de fonctions algébroïdes à un nombre fixe* ν *de branches dans un domaine* D, *bornées dans leur ensemble dans le même domaine, est une famille normale.*

C'est une extension aux fonctions algébroïdes d'un théorème énoncé par M. Montel dans ses travaux ci-dessus énoncés (1) et (3).

NOMOGRAPHIE. — *Sur la disjonction des variables dans les équations représentables par des nomogrammes à points alignés.* Note de M. **Farid Boulad Bey**, présentée par M. Appell.

On sait qu'une équation quelconque $F_{123} = 0$ à trois variables z_1, z_2, z_3 est représentable par un nomogramme à simple alignement, si elle peut

être mise sous la forme du déterminant (¹)

$$(1)\qquad \begin{vmatrix} F_1 & G_1 & H_1 \\ F_2 & G_2 & H_2 \\ F_3 & G_3 & H_3 \end{vmatrix} = 0.$$

F_i, G_i, H_i désignant des fonctions réelles d'une seule variable z_i. Nous avons déjà indiqué diverses méthodes propres à effectuer cette réduction lorsqu'elle est possible (²), c'est-à-dire d'opérer ce que M. d'Ocagne appelle la disjonction des trois variables z_1, z_2, z_3. Nous allons ici présenter une nouvelle méthode permettant, dans bien des cas, d'effectuer cette opération par la seule résolution de trois identités fonctionnelles au moyen de la notion si féconde des valeurs critiques de M. d'Ocagne.

Les solutions fournies par cette méthode offrent d'ailleurs un intérêt particulier, en raison du grand nombre de paramètres arbitraires qu'elles renferment et qui se prêtent à diverses variantes.

En l'appliquant à l'équation d'ordre 3, nous établirons que les trois genres de nomogrammes à échelles *cubiques*, *coniques* et *rectilignes* connus comme représentatifs de cette équation peuvent être définis au moyen d'un seul déterminant général à 12 paramètres arbitraires, et que les deux genres de nomogrammes *coniques* et *rectilignes* peuvent aussi s'obtenir en décomposant en facteurs l'équation générale résultant de ce déterminant pour les supports des échelles correspondantes.

En effet, en remarquant que l'équation quelconque $F_{123} = 0$ peut s'écrire sous la forme

$$(2)\qquad F_{123} = 1 \times F_{123} + 0 \times \Phi_{123} + 0 \times \Psi_{123} + 0 \times \chi_{123} = 0,$$

où $\Phi_{123}, \Psi_{123}, \chi_{123}$ sont trois fonctions *arbitraires*, il est aisé de voir que, si ces trois fonctions sont telles que les trois identités suivantes :

$$(3)\qquad \begin{cases} 1 \times F_{123} + F_1\Phi_{123} + G_1\Psi_{123} + H_1\chi_{123} \equiv 0 & (\text{quels que soient } z_2 \text{ et } z_3), \\ 1 \times F_{123} + F_2\Phi_{123} + G_2\Psi_{123} + H_2\chi_{123} \equiv 0 & (\text{quels que soient } z_1 \text{ et } z_3), \\ 1 \times F_{123} + F_3\Phi_{123} + G_3\Psi_{123} + H_3\chi_{123} \equiv 0 & (\text{quels que soient } z_1 \text{ et } z_2), \end{cases}$$

admettent une solution par rapport à F_i, G_i, H_i, le problème ci-dessus est

(¹) *Traité de Nomographie*, par M. d'Ocagne, p. 123, et son *Cours de Calcul graphique et Nomographie*, p. 221.

(²) *Comptes rendus*, 14 février 1910, p. 379; *Bull. de la Soc. math. de France*, t. XXXIX, 1911, p. 105, et t. XL, fasc. 4, 1912, p. 383; *Intern. Congress of Mathematicians*, Cambridge, 1912.

résolu d'une manière générale, car ces trois identités avec l'équation (2) donnent, par élimination, un déterminant du quatrième ordre qui se réduit immédiatement au déterminant voulu (1).

Cela posé, montrons comment on peut résoudre algébriquement ces identités dans le cas d'une équation d'ordre quelconque. Soient $f_i^1, f_i^2, \ldots, f_i^n$ (pour $i = 1, 2, 3$) trois systèmes de fonctions quelconques, chacune d'une seule variable z_i, par rapport auxquelles l'équation proposée est nomographiquement rationnelle sous forme homogène. Prenons, pour chacune des trois fonctions ci-dessus $\Phi_{123}, \Psi_{123}, \chi_{123}$, une expression qui soit aussi nomographiquement rationnelle par rapport aux mêmes systèmes de fonctions $f_i^1, f_i^2, \ldots, f_i^n$. Considérons comme paramètres les coefficients des termes contenus dans ces expressions. Cela dit, pour avoir un quelconque des trois systèmes de fonctions F_i, G_i, H_i, par exemple le système des trois fonctions F_1, G_1, H_1 qui doivent vérifier la première identité (3), recherchons par le procédé de M. d'Ocagne les équations qui déterminent les valeurs critiques de z_1 correspondant à une valeur indéterminée donnée à chacune des autres variables z_2 et z_3 dans cette identité.

Pour cela, ordonnons celle-ci par rapport aux quantités ou groupes de quantités $f_2^k f_3^p$, f_2^k, f_3^p et égalons à zéro les facteurs de toutes ces quantités [1] dans le développement obtenu. Nous aurons alors un système d'équations linéaires en F_1, G_1, H_1.

A présent, il suffit de vérifier la compatibilité de ce système quel que soit z_1 et d'en résoudre ensuite trois équations quelconques, pour avoir les éléments cherchés F_1, G_1, H_1.

Application. — Écrivons la forme canonique suivante, entièrement symétrique, de l'équation d'ordre nomographique 3 la plus générale

$$F_{123} = \alpha f_1 f_2 f_3 + \beta \Sigma f_i f_j + \gamma \Sigma f_i + \delta = 0. \tag{4}$$

Pour effectuer la disjonction des variables par la méthode en question, adoptons, en nous référant aux notations ci-dessus, les expressions suivantes :

$$\begin{aligned}
\Phi_{123} &= m\, f_1 f_2 f_3 + n\, \Sigma f_i f_j + p\, \Sigma f_i + q,\\
\Psi_{123} &= m' f_1 f_2 f_3 + n' \Sigma f_i f_j + p' \Sigma f_i + q',\\
\chi_{123} &= m'' f_1 f_2 f_3 + n'' \Sigma f_i f_j + p'' \Sigma f_i + q'',
\end{aligned}$$

où m, n, ..., p'', q'' sont des paramètres arbitraires.

---

[1] Ces quantités $f_2^k f_3^p$, f_2^k, f_3^p étant linéairement indépendantes.

Introduisons ces expressions dans les trois identités (3). Ensuite résolvons la première de celles-ci par le procédé ci-dessus de M. d'Ocagne; nous aurons le système suivant d'équations linéaires définissant les éléments inconnus F_i, G_i, H_i (pour $i = 1, 2$ et 3 en raison de la symétrie complète)

$$(5)\quad \begin{cases} F_i(mf_i + n) + G_i(m'f_i + n') + H_i(m''f_i + n'') = -\alpha f_i - \beta, \\ F_i(n f_i + p) + G_i(n' f_i + p') + H_i(n'' f_i + p'') = -\beta f_i - \gamma, \\ F_i(p f_i + q) + G_i(p' f_i + q') + H_i(p'' f_i + q'') = -\gamma f_i - \delta. \end{cases}$$

Remarquons que, si, dans ce système à 12 paramètres arbitraires, on fait

$$\alpha = p' = 1 \quad \text{et} \quad n = q'' = -1,$$

et si l'on annule tous les autres paramètres, on aura la solution particulière suivante, déjà donnée par M. Clark,

$$F_i = f_i + \beta, \quad G_i = f_i^2 - \gamma, \quad H_i = f_i^3 + \delta.$$

Les éléments F_i, G_i, H_i du déterminant générateur du nomogramme représentatif de l'équation (4), étant ainsi définis par les équations (5), pour avoir, à présent, en coordonnées cartésiennes et homogènes x, y, z, l'équation générale des supports des échelles de ce nomogramme, il suffit de substituer x, y, z respectivement à F_i, G_i, H_i dans les deux équations linéaires et homogènes résultant de l'élimination du second membre des équations (5) entre celles-ci. Ensuite, en éliminant f_i entre ces deux équations homogènes, on aura une équation du troisième degré représentant le support aux échelles ci-dessus. Cette équation étant à 12 paramètres arbitraires, on peut démontrer qu'elle est décomposable en deux facteurs représentant les équations des supports correspondant aux deux genres de nomogrammes coniques et rectilignes.

Nous nous réservons d'étendre cette méthode aux équations à quatre variables d'ordre quelconque représentables par double alignement.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le théorème d'indépendance de Hilbert.* Note de M. **Th. De Donder**, présentée par M. P. Appell.

I. Grâce à la théorie des invariants intégraux, nous avons étendu dans ces *Comptes rendus* (séance du 17 février 1913) le théorème d'indépendance de Hilbert, au cas où la fonction F dépend des n fonctions $y_1, \ldots, y_n$

de la variable indépendante t, ainsi que de leurs dérivées *jusqu'à un ordre quelconque;* cette théorie fournit aussi l'extension des résultats de MM. Hilbert, Hahn et Bolza, relatifs au cas où F ne renferme que les dérivées premières.

II. Supposons maintenant qu'il y ait *plusieurs variables indépendantes*, par exemple t_1 et t_2; et pour plus de simplicité aussi, supposons que F ne contienne les dérivées partielles que jusqu'à l'ordre *deux*. Posons

$$\frac{\partial y_i}{\partial t_1} \equiv y_i^{(1)}, \quad \ldots, \quad \frac{\partial^2 y_i}{\partial t_1 \, \partial t_2} \equiv y_i^{(12)}, \quad \frac{\partial^2 y_i}{\partial t_2^2} \equiv y_i^{(22)} \qquad (i = 1, \ldots, n).$$

III. Soit

$$(1) \qquad \left\{ \begin{aligned} j_1 &\equiv \sum_1^n {}^i \, N_{1i} \, \partial y_i, \\ j_2 &\equiv \sum_1^n {}^i \, N_{2i} \, \partial y_i, \end{aligned} \right.$$

un invariant intégral relatif 1-uple (¹) des équations différentielles totales, immédiatement intégrables

$$dy_i = Y_{1i}(t_1 t_2 y) \, dt_1 + Y_{2i}(t_1 t_2 y) \, dt_2 \qquad (i = 1, \ldots, n).$$

On aura, par définition,

$$\frac{dj_1}{dt_1} + \frac{dj_2}{dt_2} = \partial F,$$

où F est une fonction de $y_1, \ldots, y_n, t_1, t_2$, et où $\partial t_1 = \partial t_2 = 0$.

Pour que (²)

$$(2) \qquad \sum_1^n {}^i (N_{1i} \, \partial y_i \, \partial t_2 - N_{2i} \, \partial y_i \, \partial t_1) + \left[F - \sum_1^n {}^i (N_{1i} Y_{1i} + N_{2i} Y_{2i}) \right] \partial t_1 \, \partial t_2$$

soit une différentielle exacte 2-uple, il faut et *il suffit que j_1 et j_2 soient deux différentielles exactes* (où $\partial t_1 = \partial t_2 \equiv 0$).

IV. Considérons la fonction F du nº II et identifions

$$\frac{d}{dt_1} \sum_1^n {}^i [P_{1i} \, \partial y_i + Q_{1i} \, \partial y_i^{(1)} + R_{1i} \, \partial y_i^{(2)}] + \frac{d}{dt_2} \sum_1^n {}^i [P_{2i} \, \partial y_i + Q_{2i} \, \partial y_i^{(1)} + R_{2i} \, \partial y_i^{(2)}] \equiv \partial F.$$

(¹) Nous avons indiqué cette extension dans une Note présentée, par M. Appell, à l'Académie des Sciences de Paris (séance du 9 septembre 1901).

(²) L'expression (2) se déduit de (1) par un procédé analogue à celui employé dans notre Note précédente.

On trouve n équations aux dérivées partielles

$$(3)\quad \frac{\partial F}{\partial y_i} - \frac{d}{dt_1}\frac{\partial F}{\partial y_i^{(1)}} - \frac{d}{dt_2}\frac{\partial F}{\partial y_i^{(2)}} + \frac{d^2}{dt_1^2}\frac{\partial F}{\partial y_i^{(11)}} + \frac{d^2}{dt_1\,dt_2}\frac{\partial F}{\partial y_i^{(12)}} + \frac{d^2}{dt_2^2}\frac{\partial F}{\partial y_i^{(22)}} = 0,$$

et des équations qui déterminent complètement les $P_{1i}, \ldots, R_{2i}$, à l'exception des R_{1i} et des Q_{2i}, qui ne sont soumis qu'aux conditions

$$R_{1i} + Q_{2i} = \frac{\partial F}{\partial y_i^{(12)}} \qquad (i = 1, \ldots, n).$$

V. Supposons que l'on connaisse $2n$ fonctions $\overline{y_1^{(1)}}, \ldots, \overline{y_n^{(1)}}, \overline{y_1^{(2)}}, \ldots, \overline{y_n^{(2)}}$ des $n+2$ variables $y_1, \ldots, y_n, t_1, t_2$, satisfaisant identiquement aux équations (3). Posons

$$\overline{N_{1i}} \equiv \overline{P_{1i}} + \sum_1^n{}_k \left(\overline{Q_{1k}}\frac{\partial \overline{y_k^{(1)}}}{\partial y_i} + \overline{R_{1k}}\frac{\partial \overline{y_k^{(2)}}}{\partial y_i}\right),$$

et de même pour $\overline{N_{2i}}$.

On aura le *théorème d'indépendance* suivant : Pour que

$$(4)\qquad \sum_1^n{}_i \left(\overline{N_{1i}}\,\delta y_i\,\delta t_2 - \overline{N_{2i}}\,\delta y_i\,\delta t_1\right) + \left[F - \sum_1^n{}_i \left(\overline{N_{1i}}\,\overline{y_i^{(1)}} + \overline{N_{2i}}\,\overline{y_i^{(2)}}\right)\right]\delta t_1\,\delta t_2$$

soit une différentielle exacte 2-uple, il faut et il suffit que

$$\sum_1^n{}_i \overline{N_{1i}}\,\delta y_i,$$

$$\sum_1^n{}_i \overline{N_{2i}}\,\delta y_i$$

soient deux différentielles exactes.

Si $n = 1$, l'expression (4) sera *toujours* une différentielle exacte 2-uple.

MÉCANIQUE. — *Appareil de mesure des vibrations de corps solides en mouvement.* Note de M. **Carlo Bourlet**, présentée par M. H. Sebert.

La mesure de la fréquence et de l'amplitude des vibrations d'un corps solide en mouvement, par exemple du châssis d'une voiture ou de l'aile d'un aéroplane, ne peut pas être effectuée avec les instruments ordinaires,

parce qu'on ne dispose pas, au voisinage du corps vibrant, d'un support fixe sur lequel on puisse installer un appareil enregistreur.

Pour réaliser cette mesure j'ai imaginé le dispositif suivant qui n'exige aucun support fixe au voisinage immédiat de la pièce vibrante. Il comprend deux capsules manométriques reliées entre elles par un tube de caoutchouc qui peut être aussi long qu'il sera nécessaire. Sur la membrane flexible de la première capsule, dite *réceptrice*, est collé un large disque métallique assez lourd. On fixe cette capsule directement sur le corps vibrant, de façon que le plan de sa membrane soit normal à la direction des vibrations. La capsule participe ainsi au mouvement vibratoire, sans le troubler, pourvu que sa masse soit très faible par rapport à celle du corps vibrant. En vertu de son inertie, le disque métallique prend alors, par rapport à la capsule, un mouvement oscillatoire relatif inverse, et la membrane est ainsi animée d'un mouvement vibratoire de même période que celui qu'il s'agit d'enregistrer. Les variations de pression qui en résultent à l'intérieur de la capsule réceptrice se transmettent à la seconde capsule dite *enregistreuse*, laquelle est disposée comme une capsule ordinaire de Marey et est munie d'un style qui inscrit ses mouvements sur un cylindre tournant.

Par exemple, pour mesurer la vibration d'une aile d'aéroplane, on fixe par deux vis la petite capsule réceptrice au point de l'aile qu'on veut étudier. Le dispositif enregistreur est placé dans le fuselage sur un matelas amortisseur et le tube de caoutchouc qui relie les deux capsules court à l'intérieur de l'aile.

Un calcul sommaire montre que le mouvement relatif du disque par rapport à la capsule réceptrice est composé d'une part d'un mouvement vibratoire principal synchrone de celui qu'on veut enregistrer et d'autre part d'un mouvement vibratoire secondaire dû à l'élasticité de la membrane. Il faut évidemment construire l'appareil de telle sorte que ce mouvement secondaire soit tout à fait négligeable. C'est ce qu'on obtient en employant une membrane épaisse, bien tendue, et un disque métallique de grand diamètre qui la couvre presque entièrement de façon à ne laisser qu'une étroite bande circulaire à découvert. Dans ces conditions, le calcul fait prévoir que, pour une fréquence donnée, l'amplitude a' des oscillations du style enregistreur est proportionnelle à l'amplitude a des vibrations qu'on veut mesurer, mais que le rapport de ces deux amplitudes est une fonction décroissante de la fréquence.

Cet appareil a été exécuté au Laboratoire du duc de Guiche avec lequel j'ai étudié la réalisation pratique du dispositif.

L'expérience confirme les prévisions théoriques :

1° Le mouvement vibratoire secondaire est absolument négligeable et même en général imperceptible, de telle sorte que les fréquences du mouvement vibratoire qu'on mesure et du mouvement du style sont égales;

2° Pour une fréquence donnée, le rapport $r = \frac{a}{a'}$ reste constant quand on fait varier a;

3° L'amortissement r augmente quand la fréquence diminue.

Pour se servir de l'appareil, il faut donc l'étalonner au préalable au laboratoire de façon à connaître r en fonction de la fréquence. Les expériences d'étalonnage que nous avons faites ont montré que les indications de l'appareil ne sont pas modifiées par la forme du tube de caoutchouc qui relie les deux capsules, qu'on peut à volonté maintenir déroulé ou enroulé pourvu que le nombre des enroulements ne soit pas trop grand. Il est bien clair que cet étalonnage ne vaut que pour un appareil déterminé; mais une fois établi, on peut se servir de l'instrument pendant assez longtemps sans avoir besoin d'en faire la vérification.

MÉCANIQUE. — *Sur la propagation des déflagrations dans les mélanges gazeux*. Note de M. **Émile Jouguet**, présentée par M. L. Lecornu.

1. Je me propose d'étudier les mouvements *permanents*, *par tranches parallèles*, d'un mélange gazeux susceptible de brûler, dans l'hypothèse où les échanges de chaleur se font par conductibilité. On peut espérer obtenir ainsi des résultats applicables, en première approximation, d'une part au problème de la combustion d'un mélange s'écoulant par un orifice, bien qu'ici le mouvement ne se fasse pas par tranches parallèles, d'autre part à celui de la propagation lente des flammes dans les tubes, étudié par Mallard et Le Chatelier, bien que l'expérience ne donne pas, pour cette propagation des déflagrations, de régimes rigoureusement permanents, le mode d'avancement de la flamme s'altérant toujours spontanément au bout d'un certain parcours.

2. Soient v le volume spécifique du fluide, T sa température absolue, α la variable chimique, p la pression, u la vitesse ; k le coefficient de conductibilité; C, h, r les coefficients calorifiques de l'unité de masse qui, comme k, sont en général fonctions de v, α, T.

Le mouvement étant permanent, v, T, α, p, u sont fonctions de x seul. Désignons d'ailleurs par $\frac{D}{Dt}$ la dérivée prise en suivant une molécule, en remarquant que $\frac{D}{Dt} = u\frac{d}{dx}$. Les équations du problème seront :

$$(1) \qquad \frac{d\left(\frac{u}{v}\right)}{dx} = 0 \quad \text{ou} \quad u = mv \quad \text{(équation de continuité)};$$

$$(2) \qquad v\frac{dp}{dx} + u\frac{du}{dx} = 0 \quad \text{ou} \quad p + mu = D \quad \text{ou} \quad p + m^2 v = D;$$

$$(3) \qquad F\left(v, \alpha, T, \frac{D\alpha}{Dt}, \frac{Dv}{Dt}, \frac{dT}{dt}\right) = 0 \quad \text{(équation de la combustion chimique)};$$

$$(4) \qquad \left\{ \frac{d}{dx}\left(k\frac{dT}{dx}\right) = \frac{1}{v}\left(C\frac{DT}{Dt} + h\frac{Dp}{Dt} + r\frac{D\alpha}{Dt}\right) = m\left(C\frac{dT}{dx} + h\frac{dp}{dx} + r\frac{d\alpha}{dx}\right) \right. \quad \text{(équation de la conductibilité)};$$

$$(5) \qquad p = \varphi(v, \alpha, T) \quad \text{(équation de compressibilité)}.$$

Nous supposerons la masse fluide partagée en deux parties séparées par la tranche $x = 0$. Dans la partie 1, s'étendant de $-\infty$ à zéro, le mélange ne brûle pas ; dans la partie 2, entre $x = 0$ et $x = +\infty$, il brûle. Sur la tranche $x = 0$, il est porté à la température d'inflammation τ, *supposée indépendante de la pression*.

Le mouvement 1 est régi par les équations (1), (2), (4), (5), où l'on fait $\alpha = 0$. La solution v_1, T_1, u_1, p_1 comporte, en comptant m et D, quatre constantes. Dans la partie 2, les équations (1), (2), (3), (4), (5) donnent v_2, T_2, α_2, u_2, p_2 avec cinq constantes. Il faudra que

$$(6) \qquad \begin{cases} \text{pour } x = -\infty : & v_1 = v_0, \quad T_1 = T_0, \quad \dfrac{dT_1}{dx} = 0; \\ \text{pour } x = 0 : & T_1 = T_2 = \tau, \quad v_2 = v_1, \quad \alpha_2 = 0, \quad u_2 = u_1, \quad \dfrac{dT_2}{dx} = \dfrac{dT_1}{dx}; \\ \text{pour } x = +\infty : & \dfrac{dT_2}{dx} = 0. \end{cases}$$

On va voir que la condition $\left(\frac{dT_1}{dx}\right)_{x=-\infty} = 0$ est vérifiée d'elle-même. Dès lors les constantes sont déterminées par les conditions (6). La valeur $u_0 = mv_0$ de la vitesse u pour $x = -\infty$ est donc déterminée, et c'est évidemment là *la vitesse de propagation de la flamme dans le milieu supposé immobile*.

3. L'intégration pour le mouvement 1, sans combustion, peut se faire, comme l'a montré Rankine, lorsqu'on suppose le gaz parfait avec un

coefficient de conductibilité k et un rapport des chaleurs spécifiques γ constants. L'équation (4) (où l'on fait $\alpha = 0$) donne alors, en effet, en se servant de (2),

$$2m(\gamma-1)\frac{dT}{dx} = -(\gamma+1)p^2 + 2Dp + E,$$

ce qui peut s'écrire

$$(7)\qquad \frac{2m(\gamma-1)}{\gamma+1}k\frac{dT}{dx} = (p-b)(a-p),$$

a et b étant de nouvelles constantes qui peuvent remplacer D et E, et telles que $D = (\gamma+1)\frac{(a+b)}{2}$. L'équation (5) est d'ailleurs

$$pv = RT.$$

D'où, par (1), (2),

$$(8)\qquad T = \frac{p(D-p)}{Rm^2} = \frac{p[(\gamma+1)(a+b)-2p]}{2Rm^2}.$$

L'élimination de T entre (7) et (8) donne, après intégration :

$$(9)\qquad \frac{m(\gamma+1)R}{(\gamma-1)k}(x+l) = \frac{(\gamma+1)a+(\gamma-3)b}{a-b}L(p-b) - \frac{(\gamma-3)a+(\gamma+1)b}{a-b}L(a-p).$$

On voit facilement, sur ces formules, que la condition $\left(\frac{dT}{dx}\right)_{x=-\infty}$ est vérifiée d'elle-même.

Suivant que a est inférieur ou supérieur à $\frac{\gamma+1}{3-\gamma}b$, les fonctions (9) sont représentées par la figure 1 ou la figure 2.

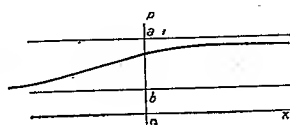


Fig. 1.

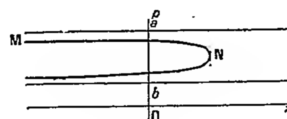


Fig. 2.

Des calculs numériques montrent que la figure 1 ne donne pas une élévation de température suffisante pour passer de la température ordinaire à la température d'inflammation des gaz usuels. De plus, quand on a en vue des indications applicables au cas de l'écoulement par un orifice, il faut que la pression diminue de $x = -\infty$ à $x = 0$. Il faut donc se reporter à la figure 2, dont d'ailleurs l'arc MN convient seul pour remplir l'espace $-\infty$, 0.

4. On peut tirer tout de suite de ce qui précède une limite supérieure de la vitesse de propagation u_0. La température maximum, celle du point N, est $\frac{D^2}{4Rm^2}$ ou $\frac{(RT_0+u_0^2)^2}{4Ru_0^2}$.

Elle doit être supérieure à τ, ce qui donne, pour les petites vitesses de propagation, qui sont celles qui nous intéressent,

$$u_0 < \sqrt{R(2\tau - T_0) - 2R\sqrt{\tau(\tau - T_0)}}. \tag{10}$$

Cette limite est inférieure à $\sqrt{RT_0}$, vitesse du son dans le milieu frais calculée par la formule de Newton. Elle est malheureusement encore assez élevée.

5. La tranche $x = 0$ est, pour v et T, une onde au sens d'Hugoniot.

Si la loi de la combustion (3) est telle que la vitesse de réaction soit nulle au voisinage de $T = \tau$, on montre facilement que la vitesse *par rapport à la matière* d'une onde du premier et du deuxième ordre pour v est $\sqrt{R\tau}$. Cette valeur, compatible avec la limite (10), est néanmoins trop forte pour les nombres expérimentaux. L'ordre de l'onde doit donc être supérieur au deuxième.

Si l'on admet, en première approximation, que la vitesse de réaction est finie dès qu'on arrive à $T = \tau$, on voit de même que l'onde peut être du deuxième ordre en v et T.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'extension des équations mécaniques de M. Appell à la Physique des milieux continus. Application à la théorie des électrons.* Note de M. **Édouard Guillaume**, présentée par M. Appell.

M. Appell a montré [1] que les équations générales de la Dynamique, pour un système quelconque, peuvent s'obtenir en cherchant le minimum de la fonction quadratique des accélérations

$$R = S - \sum_{1}^{n} Q_i q_i'' \qquad \text{avec} \qquad S = \sum \frac{m}{2} j^2, \tag{I}$$

S étant l'*énergie d'accélération*, Q_i la force généralisée et q_i'' la dérivée seconde par rapport au temps de la coordonnée généralisée q_i; il a indiqué

[1] P. Appell, *Traité de Mécanique rationnelle*, t. II.

l'application de ce principe à l'Hydrodynamique et à l'Électrodynamique [1].

Pour étendre la relation (I) aux milieux continus, nous ferons d'abord les remarques suivantes :

1° Si le système possède une énergie potentielle W, on a

$$\sum_1^k Q_i q_i'' = W'' + R_1 \qquad (i = 1, 2, \ldots, k)$$

en désignant par Q_i les forces dérivant de ce potentiel et par R_1 un terme indépendant des q_i''. Les $n - k$ forces restantes seront dites *forces extérieures au système* et l'on posera

$$E = \sum_{k+1}^n Q_l q_l'' \qquad (l = k+1, \ldots, n);$$

2° S'il y a des équations de liaison de la forme

$$J_h = 0,$$

on peut introduire [2], par une généralisation de la méthode des multiplicateurs de Lagrange, des fonctions à déterminer λ_h, de façon que $\sum \lambda_h J_h$ puisse être considérée comme une énergie potentielle supplémentaire;

3° Dans le cas où l'énergie cinétique T est exprimée en coordonnées cartésiennes, on a

$$\frac{1}{2}\frac{\partial T''}{\partial x''} = \frac{\partial S}{\partial x''}.$$

L'équation (I) peut alors être remplacée, si l'on fait usage de coordonnées cartésiennes, par

$$\text{(I')} \qquad R = \frac{1}{2}T'' + W'' + \sum(\lambda_h J_h) - E.$$

Si les coordonnées sont quelconques, il faut mettre S à la place de $\frac{1}{2}T''$.

Il est maintenant aisé d'écrire la fonction R pour les milieux continus. Dans ce cas, on considère le mouvement d'un élément de volume $d\tau$ d'un certain volume V limité par une surface σ dans le milieu. Les fonctions S ou T et W deviennent des intégrales étendues au volume V. Le terme relatif aux équations de liaison s'obtiendra en multipliant les premiers

---

(1) P. Appell, *Aperçu sur l'emploi possible de l'énergie d'accélération dans les équations de l'Électrodynamique* (*Comptes rendus*, séance du 22 avril 1912).

(2) H. Poincaré, *Leçons sur la théorie de l'élasticité*, 1892.

membres de ces équations respectivement par $\lambda_h d\tau$, en les ajoutant et en les intégrant sur tout le volume V. Le terme E pourra donner à la fois une intégrale de volume et une intégrale de surface. En définitive, R se présentera sous la forme

$$R = \int\int\int \varphi_0 \, d\tau + \int\int \psi_0 \, d\sigma,$$

φ_0 et ψ_0 pouvant contenir les accélérations et leurs dérivées partielles. On explicitera ensuite les accélérations de façon à mettre R sous la forme

$$R = \int\int\int \varphi_1 \, d\tau + \int\int \psi_1 \, d\sigma,$$

où φ_1 et ψ_1 sont des polynomes du second ou du premier degré par rapport aux accélérations. Cette transformation est possible, le système étant supposé mécanique. En variant les accélérations, on formera la variation δR qui doit être nulle quelles que soient les variations des accélérations. En annulant les coefficients de ces variations, on obtiendra les relations cherchées.

Application à la théorie des électrons. — Maxwell est le premier qui ait établi un lien mathématique entre la mécanique et les phénomènes électriques. Il se servait des équations de Lagrange : il supposait donc les systèmes holonomes. M. H.-A. Lorentz a repris et généralisé les idées de Maxwell [1]. Il a montré, en particulier, que si l'on considère l'énergie du champ magnétique

$$T = \frac{1}{2}\int\int\int \mathfrak{h}^2 \, d\tau \tag{1}$$

comme une énergie cinétique, et l'énergie du champ électrique

$$W = \frac{1}{2}\int\int\int \mathfrak{d}^2 \, d\tau \tag{2}$$

comme une énergie potentielle, les vecteurs $\mathfrak{h}$ et $\mathfrak{d}$ satisfaisant aux équations de liaison

$$c \operatorname{rot} \mathfrak{h} - \mathfrak{v} \operatorname{div} \mathfrak{d} - \mathfrak{d}' = 0, \tag{3}$$

$$\operatorname{div} \mathfrak{h} = 0 \tag{4}$$

($\mathfrak{v}$ vitesse de la matière, c vitesse de la lumière), il est possible, au moyen du principe de d'Alembert, d'établir l'équation fondamentale

$$\operatorname{rot} \mathfrak{d} = -\frac{1}{c}\mathfrak{h}'. \tag{5}$$

[1] H.-A. Lorentz, *Archives néerlandaises*, t. XXV, 1892, et *Encykl der math. Wissenschaften*, V2, 1904.

La démonstration exige certaines restrictions dues à l'emploi des quantités d'électricité comme coordonnées et à l'introduction de leurs déplacements virtuels. M. Lorentz est alors conduit à définir une nouvelle classe de systèmes qu'il nomme *quasi-holonomes*. Il suppose qu'un système d'électrons appartient à cette classe.

En partant de l'expression (I'), *on peut, étant données les équations* (1), (2), (3) *et* (4), *établir l'équation* (5) *en supposant, d'une façon générale, le système non holonome*. En effet, conformément aux significations de T et de W, le champ magnétique $\mathfrak{h}$ est l'analogue d'une vitesse, $\mathfrak{h}'$ d'une accélération ; $\mathfrak{d}$, le champ électrique, mesurera la déformation produisant l'énergie potentielle, $\mathfrak{d}'$ sera la vitesse de variation de cette déformation et $\mathfrak{d}''$ en sera l'accélération ; l'équation (3) permet d'exprimer immédiatement $\mathfrak{d}''$ en fonction de $\mathfrak{h}'$, de sorte que nous n'aurons plus qu'une équation de liaison, l'équation (4), à considérer.

Appelons $\mathfrak{F}d\sigma$ la force agissant sur l'élément $d\sigma$, on a

$$\begin{aligned}\mathrm{R} &= \int\!\!\int\!\!\int\left(\frac{1}{2}\mathfrak{h}'^2 + c\mathfrak{d}\,\mathrm{rot}\,\mathfrak{h}' - 2\lambda'\,\mathrm{div}\,\mathfrak{h}'\right)d\tau - \int\!\!\int \mathfrak{F}\mathfrak{h}'\,d\sigma + \ldots \\ &= \int\!\!\int\!\!\int\left(\frac{1}{2}\mathfrak{h}'^2 + c\mathfrak{h}'\,\mathrm{rot}\,\mathfrak{d} + 2\mathfrak{h}'\,\mathrm{grad}\,\lambda'\right)d\tau - \int\!\!\int\left(c[\mathfrak{d}\mathfrak{h}']_n + \lambda'\mathfrak{h}' + \mathfrak{F}\mathfrak{h}'\right)d\sigma + \ldots\end{aligned}$$

De l'intégrale de volume on tire

$$\mathfrak{h}' = -\frac{1}{c}\,\mathrm{rot}\,\mathfrak{d} - 2\,\mathrm{grad}\,\lambda'. \tag{6}$$

Pour déterminer λ', il suffit de former div $\mathfrak{h}'$ en tenant compte de l'équation (4).

On trouve alors que λ' doit être constant ; son gradient est donc nul et l'équation (6) se réduit à l'équation cherchée (5). L'intégrale de surface permet de déterminer la force $\mathfrak{F}$. Pour trouver la signification de celle-ci, il suffit de chercher le travail par unité de temps. On trouve, en prenant la constante λ' égale à zéro,

$$\mathfrak{F}\mathfrak{h} = -c[\mathfrak{d}\mathfrak{h}]_n,$$

c'est-à-dire le flux d'énergie de Poynting.

Si, restant dans l'éther, on partait des équations (1), (2), (4) et (5), l'expression (I') permettrait de déterminer l'équation (3) privée du terme relatif à la matière. On met ainsi en évidence, d'une façon frappante, ce dualisme si souvent constaté en électricité.

La fécondité de la méthode proposée ici provient de ce qu'on substitue aux déplacements virtuels des *accélérations virtuelles*. Les quantités d'électricité n'entrent plus en jeu. Il n'est pas besoin de pénétrer dans le mécanisme du phénomène.

De la possibilité d'établir, pour la théorie des électrons, les expressions φ_1 et ψ_1 découle la possibilité d'une interprétation mécanique de cette théorie.

Outre le principe de d'Alembert, on a essayé, surtout depuis Helmholtz, d'étendre le principe d'Hamilton à toute la Physique. Or ces principes s'appliquent mal à la théorie de Maxwell et à la théorie des électrons. On est en droit de penser que le principe de M. Appell ainsi généralisé pourra, dans nombre de cas tout au moins, leur être substitué avantageusement.

On peut voir que les considérations ci-dessus s'étendent à la Mécanique de M. Einstein. Celui-ci a introduit la fonction (¹)

$$H = -m_0 c\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$

pour former, dans sa Mécanique, les équations de Lagrange et d'Hamilton. Il est aisé de voir que H est l'analogue de T dans la Mécanique ordinaire. On a, en effet,

$$\frac{1}{2}\frac{\partial H''}{\partial v'} = \mathcal{F},$$

où $\mathcal{F}$ désigne une force. C'est l'équation fondamentale du mouvement dans la Mécanique nouvelle. La fonction R s'obtiendra en remplaçant T″ par H″ dans l'expression (I′).

ÉLECTRICITÉ. — *Oscillations hertziennes produites par des décharges intermittentes partant des taches isolées d'une cathode dans un tube de Crookes*. Note de M. **Kr. Birkeland**.

J'ai découvert, il y a quelques années, qu'une cathode dans un tube de décharge alimenté par un *courant continu* émet par seconde, dans certaines conditions, des centaines ou des milliers de faisceaux de rayons cathodiques, séparés par des intervalles déterminés dans chaque cas par les conditions expérimentales (*Comptes rendus*, 17 janvier 1898 : *Sur le spectre des rayons cathodiques*).

M. Strutt (²) n'a pu retrouver les nombreuses raies correspondantes dans le spectre produit par l'action d'un champ magnétique variable, ce qui ne doit être dû qu'à une mauvaise chance, puisque ce phénomène est bien une réalité indiscutable.

(¹) A. Einstein, *Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik*, Bd IV, Heft 4.

(²) R.-J. Strutt, *Phil. Mag.*, 5e série, t. XLVIII, 1899, p. 478.

Plus tard, j'ai retrouvé dans d'autres expériences ces mêmes phénomènes des chocs cathodiques intermittents, en opérant avec un gros globe-cathode magnétique. J'ai alors constaté que ces chocs jaillissaient par intermittence de la cathode, de taches toujours différentes, qui se rangeaient en deux bandes équidistantes et parallèles à l'équateur magnétique du globe. Ces nouveaux phénomènes de décharge ont servi à donner par analogie une explication très plausible des taches solaires (*Comptes rendus*, 21 août 1911 : *Le Soleil et ses taches*).

Ces décharges éruptives peuvent atteindre une violence formidable, si l'on emploie une grosse cathode, avec ou sans un grand condensateur en parallèle, et qu'on laisse les décharges passer à travers une atmosphère d'hydrogène extrêmement raréfiée avec un peu de vapeur d'huile de vaseline.

J'ai obtenu, avec un vase de décharge d'une capacité de 320^l, des effets surprenants en laissant les parties métalliques du vase (plancher et plafond en acier) servir de cathode et en mettant de plus un condensateur d'un demi-microfarad en parallèle des électrodes.

Les décharges éruptives jaillissant des taches des plaques d'acier arrachent des particules visibles d'acier incandescent à blanc, qui sont projetées normalement sur les plaques cathodes.

Je viens d'installer un vase d'une capacité de 1000^l, avec un globe-cathode de 36^{cm} de diamètre afin de pouvoir mieux étudier ces phénomènes et d'autres encore se rattachant aux phénomènes solaires.

Il est probable qu'il se forme autour du globe une enveloppe isolante de molécules de gaz ou d'ions d'une nature complexe, qui donne lieu à une sorte de polarisation à haute tension, laquelle cherche à arrêter la décharge, et que cette atmosphère est alors transpercée par intervalles par l'éruption électrique (voir *Comptes rendus*, 23 décembre 1912 : *Sur la source de l'électricité des étoiles*).

La capacité si extraordinaire du globe-cathode semble varier sensiblement suivant les conditions de la décharge. J'ai trouvé pour un globe de 24^{cm} de diamètre que cette capacité peut être de $\frac{1}{50}$ à $\frac{1}{10}$ de microfarad, ce qui correspond schématiquement à la formation d'une double couche d'électricité séparée d'une couche isolante de quelques millièmes de millimètre. Il est difficile de déterminer actuellement si cette double couche se trouve tout près de la surface du globe-cathode ou si elle constitue peut-être précisément la nappe sphérique très mince et lumineuse qui forme la frontière extérieure de l'espace de Crookes.

S'il peut se former une sorte de double couche d'électricité dans le vide même pour ainsi dire, on sera tenté de croire que les différents strates d'une colonne positive sont aussi constitués par de telles couches doubles d'électricité, formant ensemble une batterie de condensateurs.

Les si remarquables résultats obtenus par J.-J. Thomson (¹) semblent parler en faveur d'une telle conception. Ce savant a précisément trouvé que sur le côté d'un strate, en face de la cathode, la force électrique était *négative* et dirigée contre le courant. L'explication de ce fait, donnée par Thomson, semble pouvoir également s'appliquer à l'enveloppe de polarisation qui, d'après mes expériences, se forme dans certaines conditions autour d'une cathode.

L'accumulation de l'électricité négative dans la tête d'un strate semble être le facteur le plus important dans la production de cette polarisation à haute tension.

Nous allons voir comment les chocs intermittents, jaillissant de la cathode sans aucun bruit, et qui donnent ordinairement lieu à des décharges disruptives, peuvent dans certaines conditions donner lieu à des oscillations hertziennes d'une intensité qui, je crois, n'a jamais été surpassée, ni par la méthode Hertz-Marconi, ni par celle de Duddel-Poulsen.

Si l'on emploie une cathode rendue incandescente, soit par les décharges elles-mêmes, soit par d'autres moyens, on aperçoit aussitôt, en mettant les électrodes comme pôles dans un circuit primaire, des oscillations violentes. En même temps, on voit de longs fils fins, fortement lumineux, sortir rapidement l'un après l'autre des points d'éruption sur la cathode. Ces longs faisceaux se trouvent réfléchis de l'anode, à peu près de la même façon qu'un faisceau de lumière par un miroir. Le phénomène peut donner l'impression d'un brillant feu d'artifice. Ces longs fils lumineux emportent avec eux de la matière cathodique. Il est commode d'employer, comme cathode, du graphite (en raison de sa faible désintégration), ou du charbon à une certaine température, par exemple de 1000° C. environ. J'ai employé, comme source d'alimentation, un courant de 100 à 200 milliampères et jusqu'à 20000 volts.

Un excitateur de Hertz, donnant des longueurs d'onde de 1ᵐ ou de 2ᵐ, oscille parfaitement bien de cette manière, et l'intensité des oscillations augmente énormément si l'on emploie un circuit d'une grande période.

Il se forme une série de trains d'ondes, dont le nombre par seconde augmente avec le courant d'alimentation, et l'on peut arriver à s'approcher autant qu'on le veut de l'action d'une série d'oscillations non amorties.

Le système présente une propriété très remarquable, qui nous permet de varier avec facilité l'intensité des ondes dans ce circuit primaire à très haute tension : c'est que la cathode est extrêmement sensible aux forces magnétiques. On peut transmettre des signes télégraphiques au moyen de l'aimantation de la cathode, et il semble que les oscillations même les plus intenses peuvent être fortement variées au moyen des variations magnétiques produites par un microphone.

(¹) Sir J.-J. Thomson, *Phil. Mag.*, 6ᵉ série, t. XVIII, 1909, p. 442.

PHYSIQUE. — *Sur le clivage prismatique dû aux tourbillons cellulaires (amidon, basaltes, etc.).* Note de M. **Henri Bénard**, présentée par M. Deslandres.

En 1908, M. C. Dauzère ([1]) a obtenu des plaques de cire clivables et se fissurant par retrait suivant les faces verticales des prismes qui limitaient les tourbillons cellulaires de la nappe de cire, avant sa solidification. Il a émis l'idée que la prismation des coulées de basalte s'explique de façon identique. Cette théorie, reprise récemment, au point de vue géologique, et d'une façon indépendante, par M. M. Longchambon ([2]), me paraît absolument confirmée par une étude systématique des deux types, complètement différents et irréductibles, que peuvent présenter les fissures de retrait.

1° *Fissures (sans clivage antérieur) d'une nappe plane, indéfinie, solide ou pâteuse, isotrope et homogène, non différenciée au préalable par une circulation liquide en régime permanent.* — Si le retrait s'effectue uniformément dans le plan, on observe toujours les mêmes formes et les mêmes lois pour les craquelures, pourvu que leur situation ou leur orientation ne soient déterminées par aucun accident du terrain sous-jacent (pierres dans une flaque de boue, fibres du bois peint, fils d'une toile peinte, etc.). Les peintures murales et les poteries vernissées offrent d'excellents exemples des craquelures de ce type, mais on les rencontre dans les cas les plus variés.

On peut reconstituer après coup l'ordre d'apparition successive des fissures de ce type, car une fissure nouvelle forme toujours à chaque bout un angle à peu près droit avec une fissure antérieure, sans se prolonger en général de l'autre côté; de plus, la largeur des fissures et leur profondeur, en nappe profonde, croissent avec leur ancienneté. De la première remarque résulte que les polygones curvilignes, grossièrement équivalents, que séparent les fissures, sont surtout des quadrilatères et des triangles, à angles de 90°; que les sommets sont presque tous du type (180°-90°-90°); et enfin que c'est parmi les craquelures les plus récentes, donc les plus fines et les plus courtes, qu'on trouve celles qui ont les rayons de courbure les plus faibles.

2° *Fissures de retrait ou de dislocation consécutives à un clivage préexistant, dû à des tourbillons cellulaires.* — C'est le cas des plaques de cire de M. Dauzère, des *pains* d'amidon des amidonniers, probablement aussi des

([1]) *Ass. fr. pour l'Av. des Sc.*, Clermont.

([2]) *Soc. géol. de France*, déc. 1912.

terrains polygonaux arctiques, expliqués par M. Ch.-Ed. Guillaume [1], et enfin des basaltes prismés. Pour ces derniers, d'ailleurs, il n'y a pas la moindre fissure de retrait entre les colonnes *en place*, quand aucun effondrement ultérieur ne les a disloquées. Le clivage est, dans tous ces cas, le fait fondamental.

Une section horizontale montre un réseau polygonal *identique* rigoureusement à celui que j'ai décrit, en 1900 [2], pour les tourbillons cellulaires semi-réguliers, en régime permanent. Le type parfait, composé uniquement d'hexagones réguliers, est rare, mais existe pourtant sur des plages notables, dans le cas des très belles colonnades de basalte. La fréquence des hexagones, en tout cas, croît avec la régularité; à régularité comparable, la fréquence relative des autres polygones à 7, 5, 4 côtés, est la même pour les basaltes et pour les tourbillons cellulaires du spermaceti, par exemple. Les sommets, ternaires, ou plus rarement quaternaires, sont du type à peu près symétrique (120°-120°-120°) ou (90°-90°-90°-90°), et les côtés des polygones, rectilignes. J'ai pu vérifier cette identité de formes en photographiant, entre autres, les très belles coupes transversales de la coulée des Estreys (Haute-Loire), produites par les carriers, grâce à la schistosité horizontale.

Quant aux prismes d'amidon, souvent déviés de la verticale, tordus, présentant des renflements et des étranglements irréguliers qui leur donnent une section très variable et un profil ondulé, ils offrent des formes identiques à celles qu'on retrouve souvent dans des portions importantes de coulées basaltiques prismées (Saint-Flour, Saint-Vidal, les Estreys, etc.). Leur section de rupture, comme celle des prismes monolithes de basalte, donne souvent la même forme conchoïdale bien connue. Dans les deux cas, aiguilles d'amidon et colonnes de basalte, le rapport de la hauteur à la largeur est considérable.

Or les aiguilles d'amidon me paraissent, d'après la technique de la fabrication, évidemment d'origine convective. Le dépôt boueux se forme au fond d'une nappe d'eau peu épaisse, en repos ou bien s'écoulant lentement sur des cuves très longues et très peu inclinées; il s'effectue précisément dans les conditions où l'eau, du fait seul de l'évaporation superficielle, est le siège de courants de convection très lents, à peu près stationnaires, à structure en colonnes, comme ceux décrits, en 1885, par James Thomson [3] dans l'eau de savon. Après l'enlèvement des pains, l'égouttage et le séchage à 60° ne modifient plus leur structure prismée. On sait que la fissuration, pendant le séchage, commence suivant des lignes brisées en zigzag; c'est exactement ce qui se passe pour les plaques de

(1) *Soc. fr. de Phys.*, 1907.

(2) *Rev. gén. des Sc.*, déc. 1900.

(3) *Collected Papers*, 1912 : *On a tesselated structure in some liquids.*

M. Dauzère : les fissures suivent un contour polygonal de clivage. Ce clivage prismatique intéresse d'ailleurs toute la masse, et les morceaux, mis en boîte, sont encore le plus souvent formés de tronçons de plusieurs prismes contigus, sans fissure aucune entre eux, mais faciles à décoller. Le liquide ayant disparu, c'est, dans le cas actuel, la matière pulvérulente en suspension qui reste témoin de l'organisation primitive des courants de convection.

PHOTOCHIMIE. — *Étude quantitative de l'absorption des rayons ultraviolets par l'acétone.* Note de MM. **Jean Bielecki** et **Victor Henri.**

La théorie de l'absorption, établie par Ketteler, Helmholtz, Reiff, Drude, H.-A. Lorentz, Planck, etc., a été comparée avec les données expérimentales seulement dans le spectre visible pour des corps solides et des solutions de matières colorantes, c'est-à-dire de corps très complexes, par Hesse (1880), Pulfrich (1881), Ketteler (1881), A. Pflüger (1895, 1898), Houstoun (1906), Königsberger et Kilchling (1909-1912), Fréedericksz (1911), etc.

Nous avons pensé qu'il y avait intérêt de discuter la formule théorique dans le cas de l'absorption des rayons ultraviolets par des corps de composition moléculaire très simple dont l'absorption puisse être mesurée soit à l'état liquide, soit à l'état gazeux.

En photographiant les spectres de l'étincelle condensée Fe — Cd, à travers des solutions aqueuses et alcooliques d'acétone et à travers l'acétone pure (56°,3-56°,5) sous des épaisseurs variant de 2^{mm} à 750^{mm}, nous avons, par des mesures photométriques des spectrogrammes, déterminé les valeurs des constantes d'absorption moléculaires ε d'après la formule $\mathfrak{J} = \mathfrak{J}_0 \, 10^{-\varepsilon c d}$ (c est la concentration moléculaire, d l'épaisseur en centimètres).

Les nombres du Tableau I représentent les valeurs de ε pour les solutions alcooliques et pour l'acétone pure; cette dernière présente presque la même absorption moléculaire que la solution alcoolique.

On voit que l'acétone possède une seule bande d'absorption dont le maximum est en solution alcoolique à $\lambda_\mu = 2706$.

Pour les rayons de $\lambda < \lambda_\mu$, l'absorption diminue d'une façon régulière jusqu'à 2144, limite de nos mesures. Il n'existe donc pas de relèvement de la courbe d'absorption au delà de 2350, ainsi que l'avaient trouvé, par des méthodes qualitatives, Baly et Stewart (1906) et, dernièrement, Gelbke (*Jahrb. d. Radioaktivität*, t. X, 1913).

Pour les rayons de $\lambda > \lambda_\mu$, l'absorption diminue aussi régulièrement jusqu'à $\lambda = 3706$. Pour faire des mesures d'absorption pour des rayons moins réfringents, il faudrait prendre des épaisseurs d'acétone plus grandes que 750^{mm}. Il n'existe donc pas de deuxième bande d'absorption vers 3650, ainsi que l'a affirmé Gelbke d'après des mesures qualitatives sur l'acétone pure sous une épaisseur de 350^{mm}.

TABLEAU I.

Solution alcoolique d'acétone.						Acétone pure.			
λ.	ε.	λ.	ε.	λ.	ε.	λ.	ε.	λ.	ε.
2144	<0,54	2460	6,4	2944	7,2	3226	0,295	3441	0,0012
2195	<1,08	2488	7,0	2981	5,5	3271	0,127	3452	0,00094
2288	1,4	2520	8,1	3005	4,4	3285	0,098	3470	0,00068
2331	2,16	2549	9,4	3020	4,04	3297	0,071	3475	0,00053
2348	2,7	2581	10,8	3042	3,5	3306	0,039	3565	0,00026
2375	3,2	2648	14,0	3047	3,2	3329	0,020	3570	0,00025
2382	3,5	**2706**	**15,8**	3062	2,7	3367	0,010	3648	>0,00015
2390	3,6	2770	14,0	3079	2,16	3383	0,0059	3648	<0,00026
2405	4,2	2845	10,8	3105	1,62	3404	0,0039	3670	0,00015
2418	4,6	2892	9,4	3120	1,4	3408	0,0026	3687	>0,00011
2444	5,5	2918	8,1	3132	1,08	3427	0,0015	3687	<0,00015
								3706	0,00011

La formule de Ketteler-Helmholtz-Reiff-Drude donne, dans le cas où l'absorption serait due à une seule espèce d'électrons de fréquence correspondant à λ_m pour la valeur de l'indice d'extinction (Cauchy) k donné par $\mathfrak{J} = \mathfrak{J}_0 e^{-\frac{4\pi k d}{\lambda}}$,

$$k = \frac{g g' \lambda^3}{(\lambda^2 - \lambda_m^2)^2 + g^2\lambda^2}.$$

La valeur de la constante d'absorption ε est donc

$$\varepsilon = \frac{a\lambda^2}{(\lambda^2 - \lambda_m^2)^2 + g^2\lambda^2},$$

où a, g^2 et λ_m sont trois constantes qui définissent complètement l'absorption.

D'après la position du maximum d'absorption et un point pris sur la courbe, nous avons calculé les valeurs des constantes. Nous donnons dans le Tableau II les valeurs de ε calculées d'après la formule précédente pour la solution alcoolique.

TABLEAU II.

$a = 2,57.10^6$; $g^2 = 1,630.10^5$; $\lambda_m = 2721$.

λ.	ε observé.	ε calculé.	λ.	ε observé.	ε calculé.	λ.	ε observé.	ε calculé.
2288	1,4	2,42	2581	10,8	10,5	2981	5,5	6,25
2331	2,16	2,93	2648	14,0	14,0	3047	3,2	4,71
2382	3,5	3,72	$2706 = \lambda_\mu$	15,8	15,8	3120	1,4	3,57
2405	4,2	4,17	2770	14,0	14,9	3280	0,054	2,16
2488	7,0	6,41	2845	10,8	11,57	»	»	»

Pour la solution aqueuse on a : $a = 1,43.10^6$; $g^2 = 7,8.10^4$; $\lambda_m = 2655$; le maximum d'absorption se trouve pour $\lambda_\mu = 2648$ et ε maximum = 17,8.

On voit que la courbe théorique est très voisine de la courbe expérimentale entre 2405 et 2981; mais en dehors de cette région la formule théorique donne des valeurs de ε bien plus grandes que les valeurs observées.

A l'aide des constantes précédentes on peut calculer, d'après la formule de Drude $p\frac{e}{m} = \frac{\pi}{9660}\frac{M}{\rho}\frac{g^2}{\lambda_m^2}$, la proportion d'électrons p qui interviennent dans l'absorption. En effet, en admettant pour $\frac{e}{m}$ la valeur $1,8.10^7$ et en posant ρ (densité de l'acétone) = 0,8, M (poids moléculaire) = 58, $\lambda_m^2 = 7,371.10^{-10}$ (cm), on trouve $p = 0,028$.

Par conséquent, environ 1 molécule pour 40 intervient dans l'absorption de l'acétone.

Avant de discuter plus longuement la signification de ces résultats, il est nécessaire d'étudier quantitativement l'absorption dans l'ultraviolet de la vapeur d'acétone.

CONCLUSIONS. — 1° *L'acétone en solution et à l'état liquide possède une seule bande dans l'ultraviolet; le maximum est à* 2706 *en solution alcoolique et à* 2648 *en solution aqueuse;*

2° *La courbe d'absorption peut être assez exactement représentée par la formule de Ketteler-Helmholtz-Reiff-Drude, dans une région de* 550 u.Å;

3° *Environ* 1 *molécule sur* 40 *intervient dans cette absorption.*

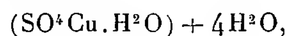
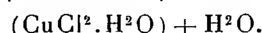
CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les propriétés magnétiques de quelques hydrates solides de cuivre et de chrome.* Note de Mlle E. FEYTIS, présentée par M. Haller.

L'observation des hydrates de sulfate de cuivre a montré que les différentes molécules d'eau qu'ils renferment ne se comportent pas toutes de

même au point de vue magnétique [1]. De nouvelles observations faites sur le chlorure cuivrique ont confirmé cette manière de voir. Le chlorure cuivrique anhydre a un coefficient d'aimantation spécifique notablement inférieur à celui qu'on calcule à partir du coefficient du sel $CuCl^2.2H^2O$ et très voisin de celui qu'on calcule pour le sel $CuCl^2.H^2O$. On a

	$k.10^6$ (observé).	$k.10^6$ (calculé).
$CuCl^2.2H^2O$............	+8,35	»
$CuCl^2.H^2O$............	»	+ 9,46
$CuCl^2$..................	+9,31	+10,75 [2]

Le sulfate de cuivre anhydre et le sulfate monohydraté avaient aussi même coefficient d'aimantation. On est conduit à formuler les sels : $SO^4Cu.5H^2O$ et $CuCl^2.2H^2O$,


$$(SO^4Cu.H^2O)+4H^2O,$$

$$(CuCl^2.H^2O)+H^2O.$$

On sait que le chlorure cuivrique forme avec les chlorures alcalins un grand nombre de combinaisons hydratées ou anhydres. L'observation des coefficients d'aimantation d'un certain nombre de ces corps a donné les résultats suivants :

	$k.10^6$.			$\chi_m.10^6$.
	Observé.	Calculé.	Poids moléculaire.	Coef. d'aimantat. moléculaire.
$CuCl^2.2H^2O$.........	+8,35	»	170,6	1432
$CuCl^2$................	+9,31	+10,75	134,6	1211
$CuCl^2.2NH^4Cl.2H^2O$.	+4,95	»	277,6	1375
$CuCl^2.2NH^4Cl$........	+5,23	+ 5,97	241,6	1263
$CuCl^2.2KCl.2H^2O$...	+4,30	»	319,6	1375
$CuCl^2.2KCl$..........	+4,28	+ 4,94	283,6	1218
$CuCl^2.NaCl$..........	+6,48	»	193	1250
$CuCl^2.KCl$...........	+6,03	»	201	1261

On voit, dans ce Tableau, que la formule d'additivité ne s'applique dans aucun cas pour l'eau et le sel anhydre.

On voit, de plus, que les coefficients d'aimantation moléculaires des sels anhydres, de couleur brune comme le chlorure de cuivre anhydre, se groupent autour d'une même valeur moyenne, voisine de 1230.10^{-6}, alors que les coefficients correspondants des sels hydratés, verts ou bleus, sont plus élevés et voisins de 1400.10^{-6}.

Il y a là une nouvelle confirmation des observations de Wiedemann, à

[1] E. Feytis, *Comptes rendus*, 9 octobre 1911.

[2] Les mesures sont rapportées à la température de 17°C.

savoir que les composés de même type ont même coefficient d'aimantation moléculaire. De plus, l'abaissement de la valeur de ce coefficient dans le cas des sels anhydrides est une indication du caractère complexe de ces sels par rapport aux sels hydratés. Il est probable que le départ de l'eau est lié à des modifications dans la constitution de ces sels.

Il a paru intéressant de mesurer de même les coefficients d'aimantation des sels de chrome à l'état solide. On sait, en effet, que les sels chromiques forment un très grand nombre d'hydrates, les uns verts, les autres violets, dans lesquels on attribue à l'eau des rôles variés, eau d'hydratation ou de constitution, suivant les cas. Ces distinctions ne sont pas décelées par le magnétisme. C'est ainsi que les deux chlorures isomères, l'un vert $[CrCl^2(H^2O)^4]Cl + 2H^2O$, l'autre violet $[Cr(H^2O)^6]Cl^3$, ont le même coefficient d'aimantation spécifique, bien qu'il ne soit pas douteux que l'eau y joue des rôles différents. De même, les coefficients d'aimantation des nombreux hydrates violets ou verts du sulfate de chrome se calculent exactement à partir de l'un d'eux en appliquant la formule d'additivité : aucune molécule d'eau ne se singularise. Enfin, on a encore additivité dans le cas de l'alun de chrome et de potassium, bien qu'il se produise un sel nettement complexe, le sulfochromate de potassium, au cours de la déshydratation. Tous ces sels chromiques ont des coefficients d'aimantation moléculaires très voisins, comme on peut le voir dans le Tableau suivant :

	Sel anhydre pour 100.	$k.10^6$. Observé.	$k.10^6$. Calculé.	Poids moléculaire.	$\chi_M.10^6$. Coefficient d'aimantation moléculaire.
$[Cr(H^2O)^6]Cl^3$		+22,20		266,5	5920
$[Cr(Cl^2(H^2O)^4]Cl+2H^2O$		+23,0		266,5	6100
$CrCl^3$		+44,10	+38,98	158,5	6990
Sulfate initial	56,53	+17,2			
$(SO^4)^{\frac{3}{2}}Cr.8H^2O$	57,65				
$7H^2O$	60,87	+18,59	+18,60	322	5999
$5H^2O$	68,53	+21,6	+21,3	286	6190
$4H^2O$	73,13	+23,3	+23,5	268	6220
$3H^2O$	78,4			250	
$2,5H^2O$	81,32			241	
	83,37	+25,7	+25,9		
$2H^2O$	84,50			232	
H^2O	100	+30,3	+31,2	196	5940
$(SO^4)^2CrK.12H^2O$........		+11,83		499	5900
$(SO^4)^2CrK.2H^2O$.........		+17,87	+18,43	319	5700
$(SO^4)^2CrK$...............		+20,84	+21,38	283	5900

Au contraire, le coefficient d'aimantation moléculaire du chlorure anhydre (sel qui possède des propriétés si spéciales) est très différent des précédents.

On voit que les propriétés magnétiques des sels de chrome solides révèlent des différences de constitution d'un certain ordre (cas des chlorures hydratés et du chlorure anhydre), et qu'elles ne sont pas sensibles à certaines différences, comme celles qui existent pourtant entre les chlorures verts et violets. Il se peut que l'égalité des coefficients d'aimantation dans le cas des chlorures $[CrCl^2(H^2O)^4]Cl + 2H^2O$ et $[Cr(H^2O)^6]Cl^3$ soit le résultat de compensations dans les rôles qu'y jouent le chlore et l'eau, la dissimulation de 2^{mol} de chlore s'accompagnant de la libération de 2^{mol} d'eau et réciproquement.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la dissociation des composés gazeux par la lumière : gaz hydrogénés des familles du chlore et de l'oxygène.* Note de MM. **Daniel Berthelot** et **Henry Gaudechon**, présentée par M. E. Jungfleisch.

De même que la chaleur, la lumière dissocie les composés gazeux, et ces deux modes de décomposition présentent un remarquable parallélisme : les gaz décomposés par une élévation de température modérée (HI, H^2Se, etc.) le sont aussi par des radiations de fréquence moyenne (radiations visibles ou ultraviolet initial); les gaz qui ne sont dissociés qu'à haute température (HCl, H^2O, CO^2, etc.), ne le sont que par les radiations très rapides de l'ultraviolet extrême. En un mot, *la fréquence vibratoire joue le rôle de température photochimique.*

La dissociation par la lumière, ainsi que celle par la chaleur, est en général réversible. Mais, dans un cas comme dans l'autre, la recombinaison peut être contrariée par des *résistances passives* exigeant un *travail préliminaire* plus ou moins grand pour être surmontées.

De plus, aux températures et aux fréquences usuelles, l'équilibre est souvent très prononcé soit dans le sens de la combinaison, soit dans celui de la décomposition, en sorte que la réaction paraît totale. On arrive cependant à montrer qu'elle n'est que partielle par divers artifices, dont le plus simple est de rompre l'équilibre en séparant l'un des produits de la réaction, le plus souvent à l'état solide, par précipitation ou par combinaison avec un autre corps : c'est ainsi que le mercure nous a permis de

manifester facilement les dissociations de gaz sulfurés, bromés ou chlorés; le phosphore celles de gaz oxygénés, etc. (*Comptes rendus*, 20 juin 1910; *Revue générale des Sciences*, 30 avril 1911).

Voici quelques expériences sur les deux premières familles des métalloïdes. Elles montrent que, *dans une même famille, la stabilité des composés hydrogénés vis-à-vis de la lumière (comme vis-à-vis de la chaleur) décroît à mesure que le poids atomique augmente.*

Famille du chlore. — *Acide chlorhydrique.* — Le gaz HCl est un corps stable; sa dissociation par la chaleur ne devient appréciable qu'au-dessus de 1500°.

Dans le domaine de la lumière, cette dissociation exige l'ultraviolet extrême, $\lambda < 0^{\mu},2$, et est arrêtée par les écrans qui interceptent cette partie du spectre. La dose de HCl, dissocié par l'irradiation d'une lampe à mercure en quartz en régime normal, est de un à deux millièmes. Mais en mettant le gaz en présence du mercure, qui fixe au fur et à mesure le chlore formé, on décompose aisément en 1 heure, à 4^{cm} de la lampe, 10 pour 100 et même davantage de HCl. On constate alors qu'une partie du gaz n'est plus absorbable par l'eau; la combustion eudiométrique montre que c'est de l'hydrogène pur.

Réciproquement, le mélange H + Cl est instable et tend à passer à l'état de combinaison; les résistances passives qui s'opposent à cette tendance paraissent faibles aussi bien dans le cas de la chaleur, où elles sont surmontées par des élévations de température modérées, que dans le cas de la lumière, où elles sont surmontées par les radiations du spectre visible: c'est même là l'exemple le plus ancien et le mieux étudié de combinaison par la lumière.

Acide bromhydrique. — Le gaz HBr est assez stable vis-à-vis de la chaleur, bien qu'à un moindre degré que HCl; d'après Hautefeuille, sa dissociation ne devient appréciable qu'au-dessus de 700°. Sa décomposition par la lumière n'a pas encore été étudiée, à notre connaissance. Elle n'a pas lieu dans la lumière visible, mais se produit rapidement devant une lampe à mercure en quartz.

Un échantillon de HBr placé en tube de quartz sur le mercure vers 15° n'a manifesté, en 24 heures, à l'obscurité et à la lumière diffuse, aucune variation de volume; toutefois, un léger dépolissement de la surface du mercure indiquait un commencement d'attaque. Après 8 heures d'expo-

sition à 12^{mm} d'une lampe à mercure (type 220 volts, en régime peu poussé : $3^{amp},5$ et 54 volts aux bornes) il y a eu *décomposition totale* en brome combiné au mercure et hydrogène gazeux. Le volume final était la moitié du volume initial. Le gaz final n'était plus absorbable par l'eau (absence de HBr); la combustion eudiométrique a montré que c'était de l'hydrogène pur.

Acide iodhydrique. — La stabilité de ce corps vis-à-vis de la chaleur ou de la lumière est encore moindre que celle de HBr, comme on le sait par les classiques travaux de M. G. Lemoine, qui a reconnu que la décomposition, insensible dans le rouge et le vert, était déjà notable dans le bleu et le violet (*Comptes rendus*, t. 85, p. 144).

Famille de l'oxygène. — *Vapeur d'eau.* — Le mélange $H^2 + O$ (gaz tonnant) est un système instable, qui, d'après les prévisions de la Thermodynamique, devrait passer à l'état de vapeur d'eau. En réalité, il se conserve indéfiniment sans trace de combinaison à la température ordinaire, et il faut élever la température jusque vers 600° pour que la combinaison ait lieu facilement.

C'est donc un système à fortes *résistances passives vis-à-vis de la chaleur*. Nous avons constaté *qu'il en est de même vis-à-vis de la lumière*. La combinaison du gaz tonnant ne commence à se produire qu'avec des radiations voisines de $0^{\mu},2$, c'est-à-dire de l'ultraviolet extrême. Elle est d'ailleurs assez lente et, dans certaines expériences d'irradiation modérée (*Ibid.*, t. 150, p. 1328), nous n'avions pas constaté de contraction. Mais avec une irradiation plus intensive et prolongée, nous avons obtenu la combinaison totale (*Ibid.*, t. 150, p. 1692). Cette combinaison est beaucoup plus facile quand l'hydrogène est à l'état naissant (*Ibid.*, t. 150, p. 1328).

Inversement la vapeur d'eau est un système stable, qui n'est dissocié que par les hautes températures, ou par l'ultraviolet extrême. Le taux de dissociation obtenu avec une lampe à mercure est de l'ordre du millième, mais la dissociation est facile à constater en présence du phosphore qui fixe l'oxygène et laisse libre l'hydrogène, ou en présence de l'oxyde de carbone qui, sous l'action de l'ultraviolet extrême, fixe l'hydrogène à l'état d'aldéhyde méthylique et l'oxygène à l'état d'anhydride carbonique (*Ibid.*, t. 150, p. 1692; et *Journal de Pharmacie*, 1er juillet 1910).

Hydrogène sulfuré. — L'action de la lumière sur ce corps n'a pas été

étudiée. Le gaz pur et sec se conserve bien à la lumière diffuse, sans dépôt de soufre, même après plusieurs années. Mais il est décomposé facilement par la lampe à mercure (*Ibid.*, t. 150, p. 1690); au bout de quelques minutes, il se forme sur les parois un dépôt de soufre opaque qui arrête peu à peu l'action des rayons. Le gaz irradié contient une portion non absorbable par la solution acidulée de sulfate de cuivre; la combustion eudiométrique montre que c'est de l'hydrogène pur.

Rappelons que l'*hydrogène sélénié* est moins stable que le précédent vis-à-vis de la chaleur et de la lumière : MM. de Forcrand et Fonzes-Diacon ont trouvé, au bout d'une semaine d'exposition en pleine lumière en présence de mercure, 15 pour 100 d'hydrogène; à l'obscurité la décomposition était insensible (*Annales de Chimie*, 7e série, t. XXVI, p. 247). Enfin l'*hydrogène telluré* est encore plus instable, et se décompose totalement en quelques heures à l'obscurité, et beaucoup plus vite à la lumière d'après MM. Berthelot et Fabre (*Ibid.*, 6e série, t. XIV, p. 104).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude de l'équilibre entre le chlorure de plomb et le chlorhydrate d'ammoniac en solution aqueuse.* Note de Mme **N. Demassieux**, transmise par M. H. Le Chatelier.

Le chlorure de plomb et le chlorhydrate d'ammoniac sont susceptibles de donner naissance à deux sels doubles, étudiés par Kandall (¹) et Fonzes-Diacon (²) et correspondant aux formules $2PbCl^2.AzH^4Cl$ et $PbCl^2.2AzH^4Cl$.

Je me suis proposé, dans le présent travail, d'étudier à différentes températures l'équilibre entre le chlorure de plomb et le chlorhydrate d'ammoniac en solution aqueuse. Les déterminations que j'ai faites sont relatives aux températures de 17°, 50° et 100°. L'ensemble des résultats obtenus est représenté graphiquement par les courbes ci-après, obtenues en portant en abscisses le chlorhydrate d'ammoniac en grammes dans 100g de solution, et en ordonnées le chlorure de plomb en grammes dans 100g de solution.

L'examen de ces courbes montre que, aux températures de 17° et 50°,

(¹) *American chemical Journal*, t. XV, 1893, p. 494.
(²) *Bulletin de la Société chimique*, t. XVII, 1897, p. 348.

l'allure générale du phénomène est la même. La première branche de ces courbes correspond au dépôt du chlorure de plomb pur, jusqu'au premier point eutectique E chlorure de plomb-sel double $2\,PbCl^2.AzH^4Cl$; la deuxième branche au dépôt du sel double $2\,PbCl^2.AzH^4Cl$ jusqu'au deuxième point eutectique, sel double-chlorhydrate d'ammoniac pur.

A 100°, le phénomène est modifié par le dépôt du deuxième sel double $PbCl^2.2\,AzH^4Cl$ qui se produit pour des compositions indiquées au

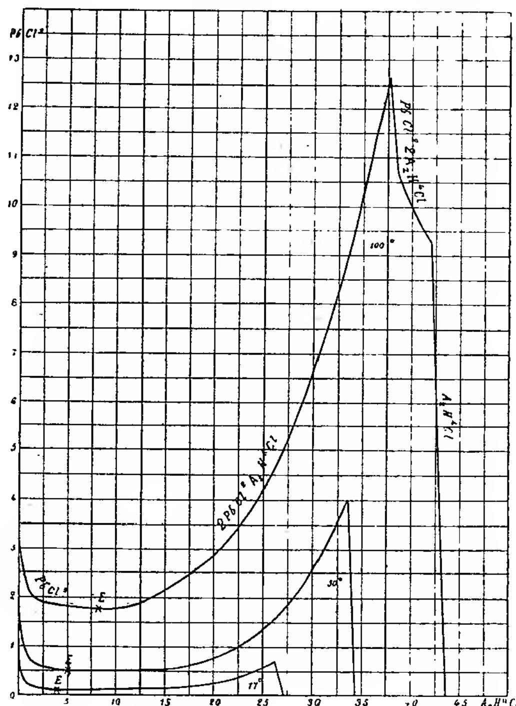


Tableau ci-après, et qui correspond sur la courbe à l'existence d'une nouvelle branche de courbe et d'un nouveau point eutectique.

Ces expériences conduisent à deux résultats nouveaux :

1° Le sel double $2\,AzH^4Cl.PbCl^2$ ne peut exister en présence de solution aqueuse qu'à des températures élevées, supérieures à 70°;

2° Les deux branches de courbes relatives au chlorure de plomb et au premier sel double, $2\,PbCl^2.AzH^4Cl$, se coupent au point eutectique sous un angle sensiblement nul et, de plus, la direction générale de la courbe en ce point est horizontale.

Nature de la phase solide.	17°. PbCl² en grammes dans 100g de solution.	17°. AzH⁴Cl en grammes dans 100g de solution.	50°. PbCl² en grammes dans 100g de solution.	50°. AzH⁴Cl en grammes dans 100g de solution.	100°. PbCl² en grammes dans 100g de solution.	100°. AzH⁴Cl en grammes dans 100g de solution.
$PbCl^2$	g 0,89	g 0	g 1,69	g 0	g 3,10	g 0
	0,21	0,96	1,08	0,51	2,02	1,32
	0,16	1,43	0,67	1,45	1,85	5,33
	0,14	2,40	0,58	2,45	1,80	6,01
Point eutectique.	0,076	3,48	0,48	4,86	1,76	8,59
$2PbCl^2, AzH^4Cl$	0,078	4,23	0,49	12,45	1,98	13,19
	0,078	4,93	0,71	19,42	4,54	26,08
	0,098	12,36	1,76	27,16	8,32	32,64
	0,34	22,33	3,31	31,90	11,40	36,29
Point eutectique.	»	»	»	»	12,67	37,62
$PbCl^2, 2AzH^4Cl$	»	»	»	»	12,50	38,14
	»	»	»	»	11,60	38,32
	»	»	»	»	10,70	38,66
	»	»	»	»	9,88	40,22
Point eutectique.	0,64	26,49	3,96	33,56	9,26	41,90
AzH^4Cl	0,52	26,68	2,65	33,62	4,21	42,91
	0,33	26,91	1,62	33,88	3,06	43,20
	0,30	27,03	0,32	34,14	1,61	43,42
	0	27,14	0	34,25	0	43,51

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur une nouvelle méthode de volumétrie physico-chimique.* Note de M. **René Dubrisay**, transmise par M. H. Le Chatelier.

Dans un travail relatif à l'émulsion des huiles [1], M. Donnan a reconnu que la tension superficielle à la surface de séparation de l'eau et d'un carbure dérivé du pétrole est réduite dans des proportions énormes par une trace d'alcali dissoute dans l'eau, lorsque le carbure contient en solution un acide gras (stéarique, oléique, etc.).

J'ai pensé qu'il serait possible d'établir sur ces faits une méthode acidimétrique. Pour cela, j'ai conservé le dispositif expérimental qui avait servi à M. Donnan et qu'ont repris depuis M. Antonow [2] et M. Lewis [3] dans

(1) Donnan, *Zeit. f. phys. Chem.*, t. XXXI, 1899, p. 42

(2) Antonow, *J. Chim. phys.*, t. V, 1907, p. 372.

(3) Lewis, *Phil. Mag.*, t. XV, 1908, p. 499.

des mesures analogues. Ce dispositif fondé sur l'application de la loi de Taft consiste à plonger dans l'eau une pipette courbe remplie du liquide étudié, et à compter le nombre de gouttes correspondant à l'écoulement lent du volume de ce liquide contenu entre deux traits de jauge tracés sur la pipette.

J'ai fait, dans mes expériences, usage d'huile de vaseline, préalablement purifiée et saturée d'acide stéarique.

J'ai consigné dans les Tableaux suivants les résultats d'un certain nombre

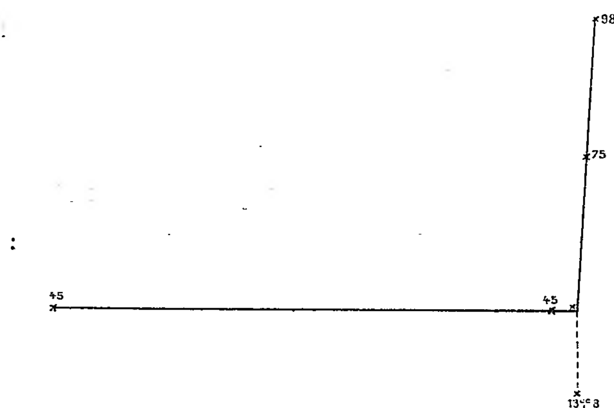


Fig. 1. — Acide chlorhydrique.
En abscisses : nombre de centimètres cubes de soude. — En ordonnées : nombre de gouttes.

de mesures. J'ai tout d'abord (Tableau I) étudié les variations du nombre de gouttes lorsqu'on verse dans de l'eau distillée des quantités progressivement croissantes de soude. Dans les expériences suivantes, j'ai opéré de la même manière en versant la soude, non plus dans de l'eau distillée, mais dans des solutions de divers acides.

Tableau I (*Système eau-soude*).

Concentration en soude. mol.-gr. par litre	Nombre de gouttes.
0	48
$\frac{5}{8\times10^3}$	95
$\frac{1}{8\times10^2}$	117
$\frac{1}{4\times10^2}$	156

TABLEAU II.

Acide azotique. — Solution exigeant pour sa neutralisation 12^{cm^3} de soude $\frac{n}{20}$ pour 20^{cm^3} de solution acide en présence de phénolphtaléine :

Nombres de centimètres cubes de soude $\frac{n}{20}$ ajoutés à 20^{cm^3} d'acide.	Nombre de gouttes.
0	48
11,8	50
12,6	121
13,4	205

TABLEAU III (*fig.* 1).

Acide chlorhydrique. — Solution exigeant pour sa neutralisation $18^{cm^3},8$ de soude $\frac{n}{20}$ pour 20^{cm^3} de solution acide en présence de phénolphtaléine :

Nombe de centimètres cubes de soude $\frac{n}{20}$ ajoutés à 20^{cm^3} d'acide.	Nombre de gouttes.
0	45
17,9	45
18,6	46
18,7	45,5
19,1	75
19,7	98

TABLEAU IV.

Acide sulfurique. — Solution exigeant pour sa neutralisation $10^{cm^3},7$ de soude $\frac{n}{20}$ pour 50^{cm^3} d'acide :

Nombre de centimètres cubes de soude $\frac{n}{20}$ ajoutés à 50^{cm^3} d'acide.	Nombre de gouttes.
8,3	47
10,4	46
11,2	50
11,6	53
12,5	98

TABLEAU V.

Acide borique. — Solution acide exigeant pour sa neutralisation 19^{cm^3} de soude $\frac{n}{20}$ pour 50^{cm^3} de solution acide en présence de phénolphtaléine et de glycérine :

Nombre de centimètres cubes de soude $\frac{n}{20}$ ajoutés à 50^{cm^3} de solution acide.	Nombre de gouttes.
0	45
7,8	67,5
15,2	86,5
19,5	119
20,8	125

TABLEAU VI (*fig.* 2).

Acide phosphorique. — Solution exigeant pour sa neutralisation $23^{cm^3},5$ de

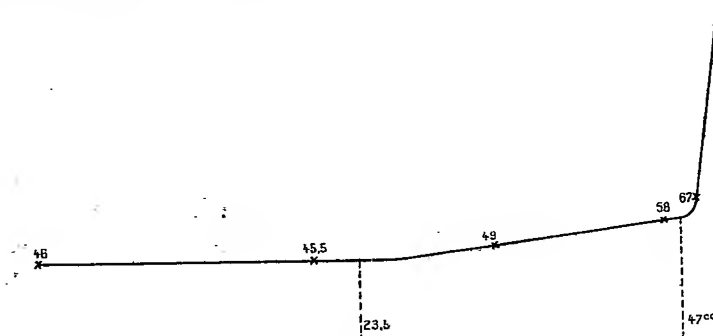


Fig. 2. — Acide phosphorique.

soude $\frac{n}{20}$ pour 20^{cm^3} de solution acide en présence de méthyle-orange :

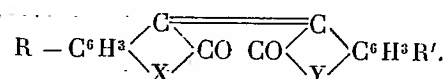
Nombre de centimètres cubes de soude $\frac{n}{20}$ ajoutés à 20^{cm^3} d'acide.	Nombre de gouttes.
0	46
20,3	45,5
33,2	49
46	58
48,2	67
50,6	136

Ces chiffres et les figures correspondantes montrent que la méthode permet de déterminer avec précision la neutralisation d'un acide fort, les courbes présentant un angle très net au point de neutralité. Pour l'acide borique, l'hydrolyse du sel alcalin se manifeste nettement. L'acide phos-

phorique se comporte d'abord comme un acide fort : l'hydrolyse commence à se manifester pour le sel disodique, et est beaucoup plus accentuée pour le sel neutre.

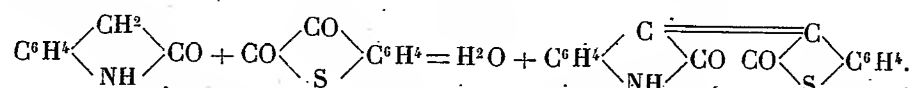
CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèses dans le groupe des indigoïdes.* Note [1] de MM. **A. Wahl** et **P. Bagard**, présentée par M. A. Haller.

L'isoindigotine, ce nouvel isomère de l'indigo que nous avons obtenu, en condensant l'oxindol avec l'isatine [2], peut être considéré comme le premier terme d'une nouvelle série de dérivés indigoïdes, répondant à la formule générale

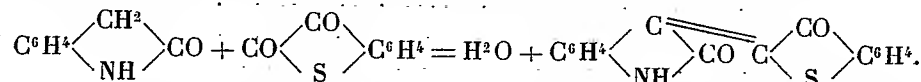


Dans cette formule, X et Y, qui peuvent être identiques ou différents, représentent des atomes ou des groupements atomiques divalents tels que NH, NR, CO, O, S, et R, R′ des substituants quelconques.

Désirant préparer un composé de ce type dans lequel X représenterait le groupement NH, et Y un atome de soufre, nous avons remplacé, dans la réaction qui donne naissance à l'isoindigotine, l'isatine par son analogue sulfuré, le dicéto-2.3-dihydrothionaphtène (thioisatine) et avons obtenu un indigoïde, parfaitement cristallisé, que nous avons considéré provisoirement [3] comme un isoindigo, résultant, par analogie, de la condensation suivante :



Or, pendant que nous nous occupions de ces recherches, nous avons eu connaissance d'un brevet allemand de la maison Kalle [4], d'après lequel il résulte que la condensation précédente fournit de l'écarlate de thioindigo, ce qui oblige à représenter la réaction d'une manière différente :



L'étude comparative, à laquelle nous nous sommes livrés sur ce produit et sur l'écarlate de thioindigo préparé en condensant l'isatine avec l'oxy-

(1) Présentée dans la séance du 10 mars 1913.
(2) Wahl et Bagard, *Comptes rendus*, t. 148, 1909, p. 714.
(3) Wahl et Bagard, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. XI, 1912, p. 713.
(4) D. R. P., 241327.

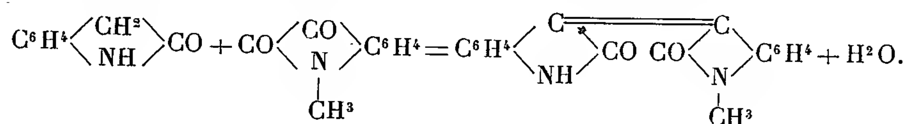
thionaphtène d'après M. Friedländer [1], a permis de conclure à leur identité. En effet, ils cristallisent dans le benzoate d'éthyle en belles aiguilles rouges à reflets jaunâtres, de composition centésimale identique, donnant avec les réducteurs alcalins une cuve jaune teignant le coton en nuance rouge écarlate sensiblement identique. Traités par l'éthylate de sodium, ils donnent le sel de Na de l'oxindol-aldéhyde-3; l'aldéhyde elle-même cristallise en petites aiguilles arborescentes (F. 213°); ses solutions aqueuses se colorent en bleu par $FeCl^3$, caractères qui répondent bien à ceux indiqués par Friedländer et Kielbasinski [2].

Enfin M. le Professeur Grandmougin a eu l'obligeance d'examiner les deux colorants au point de vue spectroscopique; ils donnent un spectre de même caractère et situé dans la même région; les solutions dans le xylène présentent une large bande allant d'environ $553^{\mu\mu}$ à $479^{\mu\mu}$, avec un maximum peu apparent vers $497^{\mu\mu}$.

De cette identité on peut conclure que l'isatine et la thioisatine se comportent vis-à-vis de l'oxindol, et dans les mêmes conditions, d'une manière différente.

On peut se demander s'il ne faut pas en attribuer la raison à la différence de structure que peuvent présenter ces deux composés. L'isatine, en effet, est susceptible de réagir sous deux formes : l'isatine et la pseudo-isatine; la thioisatine, au contraire, ne possédant pas d'atome d'hydrogène mobile ne peut s'isomériser. Mais, si l'orientation de la réaction était subordonnée à la présence de cet atome d'hydrogène, on devrait s'attendre à voir les isatines substituées à l'azote, réagir comme la thioisatine.

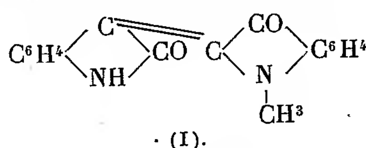
Or la condensation de l'oxindol avec la méthyl-1-isatine fournit un colorant cristallisé en aiguilles brunes, dont la composition correspond à la formule $C^{17}H^{12}O^2N^2$. Il se dissout dans les solvants organiques avec une coloration orangé brun, ne donne pas de cuve avec les réducteurs alcalins, mais fournit une solution incolore d'où la matière colorante n'est pas régénérée par un courant d'air, et qui ne teint pas les fibres textiles. Ces caractères sont ceux d'une *méthyl-1-isoindigotine* formée d'après la réaction



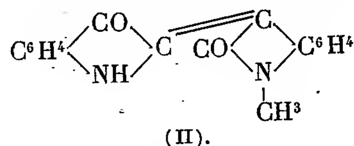
(1) FRIEDLANDER et BEZDZIK, *Monatshefte*, t. XXIX, p. 376.

(2) FRIEDLANDER et KIELBASINSKI, *D. chem. G.*, t. XLIV, p. 3101.

La méthyl-1-isatine réagit donc comme l'isatine. Si elle s'était comportée comme la thioisatine, on aurait dû obtenir la méthyl-1-indirubine (I). Celle-ci



(I).



(II).

n'est pas connue et est d'un accès difficile; son isomère (II), dont les propriétés sont certainement très voisines, n'est pas connu davantage; mais s'obtient facilement en condensant d'après la méthode de Bæyer, l'acide indoxylique avec la méthyl-1-isatine. La *méthyl-1-indirubine* cristallise en aiguilles brunes, mordorées, plus soluble que l'indirubine dans les solvants organiques, mais avec une nuance rouge violacé peu différente; l'hydrosulfite donne une cuve jaune d'où le colorant est régénéré par oxydation à l'air.

On pourrait objecter que, même dans le cas de la méthylisatine, la possibilité d'une isomérisation n'est pas entièrement exclue et que le groupe méthyle a pu émigrer de l'azote sur l'oxygène. Bien que cette transformation soit peu probable, il devenait néanmoins nécessaire d'étudier les réactions de l'*O*-méthylisatine (¹).

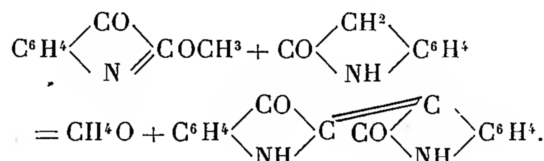
La condensation de l'*O*-méthylisatine avec l'oxindol, en solution acétique additionnée d'HCl aqueux, fournit de l'isoindigotine; le groupe OCH^3 est saponifié dans ces conditions et l'isatine réagit avec l'oxindol pour donner de l'isoindigo. Au contraire, si l'on opère en milieu anhydre, on obtient de l'*indirubine* avec une étonnante facilité et avec un rendement quasi quantitatif.

On dissout quantités moléculaires d'*O*-méthylisatine (F. 102°) et d'oxindol dans un mélange à parties égales de benzène anhydre et d'anhydride acétique et l'on ajoute, avec un bout d'agitateur effilé, *une goutte* d'acide sulfurique concentré. Instantanément, la couleur jaune de la solution devient rouge, puis violette, et, au bout de quelques secondes, le colorant se dépose, cristallise, le liquide s'échauffe, il est même bon de refroidir, et après 15 à 20 minutes la réaction est terminée. La composition centésimale du produit ainsi obtenu correspond à la formule $C^{16}H^{10}O^2N^2$; il est peu soluble dans les solvants organiques, avec une coloration rouge vio-

(¹) BAEYER et OEKONOMIDES, *D. chem. G.*, t. XV, p. 2093. — HELLER, *D. chem. G.*, t. XL, 1907, p. 1291.

lacé, dans H^2SO^4 avec coloration brune, il donne une cuve avec l'hydrosulfite de sodium, la réduction par le zinc et par l'anhydride acétique fournit un composé cristallisé en aiguilles rosées (F. 204°-205°), identique avec celui que donne l'indirubine [1].

La condensation de l'oxindol avec l'*O*-méthylisatine constitue par conséquent une nouvelle synthèse de l'indirubine :



Cette nouvelle synthèse présente sur celle que nous avons donnée autrefois, l'avantage de s'accomplir à froid, en l'absence de composés chlorés du phosphore, d'être instantanée et de fournir un rendement quantitatif (87-90 pour 100 de la théorie), ce qui lui confère une importance particulière pour l'établissement de la constitution de l'indirubine.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'acide chlorhydrique sur la quinone sulfonique.* Note de M. **A. Seyewetz**, présentée par M. A. Haller.

J'ai constaté que la quinone sulfonique peut, dans certaines conditions, fixer les éléments de l'acide chlorhydrique en donnant une hydroquinone chlorosulfonique, mais cette réaction n'a lieu qu'à une température inférieure à 20°. Au-dessus de cette température, le groupement sulfonique est éliminé et remplacé soit par de l'hydrogène, soit par du chlore.

1° *Action de l'acide chlorhydrique au-dessous de* 20°. — La quinone sulfonique (sel de sodium) traitée par l'acide chlorhydrique concentré, à une température inférieure à 20°, se dissout d'abord en donnant une solution brune, puis il se précipite une petite quantité de chlorure de sodium. Au bout de quelque temps, le liquide se prend en une bouillie de cristaux jaune rougeâtre.

Après 12 heures, la masse cristalline qui s'est ainsi formée, est essorée puis purifiée par recristallisation dans l'eau bouillante.

On obtient de petites aiguilles blanches feutrées qui, soumises à l'analyse, donnent les résultats suivants :

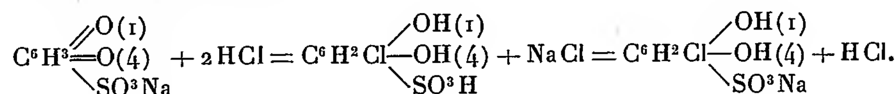
---

(1) Schunk et Marschlewski, *D. chem. G.*, t. XXVIII, 1895, p. 2525.

Composition centésimale.	Trouvée.	Calculée pour $C^6H^2Cl\begin{cases}(OH)^2\\SO^3Na\end{cases}$.
Carbone	29,32	29,2
Hydrogène	1,64	1,62
Soufre	12,83	12,98
Chlore	14,36	14,4
Sodium	9,25	9,33

Propriétés. — Aiguilles blanches feutrées, assez solubles dans l'eau froide, plus solubles dans l'eau bouillante, insolubles dans les dissolvants organiques. La solution aqueuse réduit instantanément le nitrate d'argent; en présence des alcalis elle constitue, comme l'hydroquinone, un développateur de l'image latente photographique. Les solutions additionnées d'alcalis sont beaucoup moins oxydables à l'air que les solutions alcalines d'hydroquinone. Par oxydation, elle se transforme en quinone chlorosulfonique.

La composition de la substance et ses propriétés permettent de la considérer comme le sel de sodium de l'hydroquinone chlorosulfonique. Sa formation peut être représentée par l'équation suivante :



$$C^6H^3\begin{cases}O(1)\\O(4)\\SO^3Na\end{cases} + 2HCl = C^6H^2Cl\begin{cases}OH(1)\\OH(4)\\SO^3H\end{cases} + NaCl = C^6H^2Cl\begin{cases}OH(1)\\OH(4)\\SO^3Na\end{cases} + HCl.$$

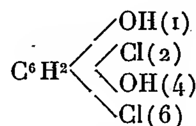
2° *Action de l'acide chlorhydrique au-dessus de* 20°. — A une température supérieure à 20°, l'acide chlorhydrique élimine le groupement sulfonique et donne naissance à deux produits, l'*hydroquinone monochlorée* et une *hydroquinone dichlorée* (2.6), qui ont été identifiés par leur composition centésimale et par leurs propriétés.

Vers 35°-40° la désulfonation est déjà très nette, et à mesure que la température s'élève, il se sublime de petites aiguilles blanches brillantes avec dégagement de gaz sulfureux.

La désulfonation est plus rapide quand on porte la solution chlorhydrique vers l'ébullition. Il faut opérer dans une atmosphère d'acide carbonique pour éviter l'oxydation de la solution.

Par refroidissement, le liquide se prend en une masse cristalline qu'on essore, sèche et fait cristalliser dans le toluène bouillant.

Le produit brut ainsi obtenu abandonne par chauffage vers 130° à 140° des vapeurs qui se subliment facilement en paillettes blanches, fondant à 165°, qui ont été identifiées avec une dichlorohydroquinone



$$C^6H^2\begin{cases}OH(1)\\Cl(2)\\OH(4)\\Cl(6)\end{cases}$$

Le résidu de la sublimation permet d'extraire, par cristallisation dans le

toluène, un produit en petites aiguilles blanches non sublimables, fondant à 104°, qui a été identifié avec la *monochlohydroquinone*.

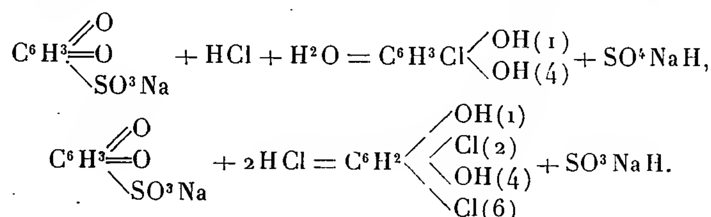
Produit sublimable.

	Composition centésimale.	
	Trouvé.	Calculé pour $C^6H^2\langle^{(OH)^2}_{Cl^2}$.
C.....	40,191	40,22
H.....	2,227	2,23
Cl....	39,29	39,66

Produit non sublimable.

	Composition centésimale.	
	Trouvé.	Calculé pour $C^6H^3\langle^{(OH)^2}_{Cl}$.
C.....	49,71	49,82
H.....	3,41	3,46
Cl....	24,35	24,57

On peut représenter la réaction par les équations suivantes :



$$C^6H^3\langle^{O}_{O}{}_{SO^3Na} + HCl + H^2O = C^6H^3Cl\langle^{OH(1)}_{OH(4)} + SO^4NaH,$$

$$C^6H^3\langle^{O}_{O}{}_{SO^3Na} + 2HCl = C^6H^2\langle^{OH(1)}_{Cl(2)}{}^{OH(4)}_{Cl(6)} + SO^3NaH.$$

En résumé, l'acide chlorhydrique transforme la quinone sulfonique en hydroquinone sulfonique chlorée quand on opère à une température inférieure à 20°. Au-dessus de cette température, ou bien l'acide chlorhydrique élimine le groupement sulfonique et donne de la *monochlorhydroquinone*, ou bien remplace ce groupement par du chlore et donne une *dichlorhydroquinone*.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *De l'influence de la radioactivité sur la germination*. Note de MM. **G. Petit** et **R. Ancelin**, transmise par M. A. Chauveau.

Dans une Note présentée le 25 novembre dernier à l'Académie des Sciences, M. J. Stoklasa faisait connaître les résultats expérimentaux fournis par les eaux naturelles, fortement radioactives, de Joachimstahl, sur la germination et le développement de certaines plantes.

Nous poursuivons, d'assez longue date, des recherches comparables à celles de M. Stoklasa, avec cette différence que nous employons de l'eau ordinaire chargée d'émanation, au degré voulu, par son séjour dans une fontaine en *ciment radifère*.

Ce produit, combiné par M. Henri Farjas, ingénieur civil, résulte de l'incorporation à du ciment de *concentrés* de radium, provenant de minerais plus ou moins riches. Utilisé comme enduit de réservoirs, fontaines, chambres ou locaux variés, il permet d'obtenir à volonté de l'eau ou de l'air d'une radioactivité rigoureusement déterminée.

C'est ainsi, pour ce qui nous intéresse immédiatement, que l'eau remplissant en totalité une fontaine de 16 litres, en ciment radifère, acquiert, d'après les analyses de MM. Bader et Faivre, au Laboratoire biologique du Radium :

Après	12	heures,	une radioactivité de	0,02	mg-min	par litre
»	24	»	»	0,058	»	»
»	36	»	»	0,081	»	»
»	48	»	»	0,098	»	»

Nous nous proposons de réaliser successivement, tant avec l'eau qu'avec l'air radioactifs, obtenus dans ces conditions, toute une série de recherches biologiques relatives, non seulement aux plantes, mais aussi aux animaux et à l'homme lui-même.

Les premiers résultats que nous publions aujourd'hui ne portent que sur la germination, mais ils nous paraissent dignes d'être cités, car ils suffisent à mettre en évidence l'action remarquablement stimulante des faibles radioactivités sur la cellule végétale.

Nos graines, divisées en deux lots et soumises à la germination dans des conditions identiques de température et d'éclairage, sont disposées entre deux feuilles de papier buvard épais, humecté tous les deux jours, soit avec de l'eau ordinaire (lot témoin), soit avec la *même quantité* de cette eau ayant séjourné 48 heures dans la fontaine de ciment et acquis, de ce fait, la radioactivité précédemment indiquée.

1° *Ray-grass.* — Nos premiers essais ont porté sur des graines de Ray-grass. Pendant les six premiers jours, aucune différence appréciable entre les deux lots; l'influence de la radioactivité ne commence à se manifester qu'à partir du huitième jour. Au treizième jour, la différence est nettement sensible. Ainsi, le nombre des graines germées est plus important dans le lot soumis à l'action de l'eau radioactive; d'autre part, la longueur des radicelles et même des tigelles atteint quelques centimètres, tandis qu'elle ne mesure que quelques millimètres dans le lot témoin.

2° *Blé.* — Le 20 janvier, deux lots de 30 grains sont mis en expérience dans les conditions indiquées.

Du 24 janvier, début de la germination, au 30 janvier, aucune différence entre les deux lots. Le 30 janvier, le lot traité commence à se distinguer du lot témoin.

Le 3 février, treize jours après le début de l'expérience, la longueur moyenne de la *tigelle* est la suivante :

1° Avec l'eau radioactive .... 52^mm^
2° Avec l'eau ordinaire .... 46^mm^

Soit 6 millimètres en faveur des grains soumis à l'influence de la radioactivité (¹).

3° *Maïs.* — Le 21 janvier, même double semis que précédemment; chacun des deux lots comprend 28 grains.

Jusqu'au 1er février, aucune différence entre les deux lots. Le 4 février, le lot traité est déjà plus avancé, et, le 6 février, c'est-à-dire quinze jours après le début de l'expérience, la longueur moyenne des *radicelles* est la suivante :

1° Avec l'eau radioactive	49^{mm}
2° Avec l'eau ordinaire	38^{mm}

Soit une différence de 11 millimètres en faveur des grains soumis à l'influence de la radioactivité.

D'autre part, alors que le lot témoin ne laisse apparaître que deux ou trois *tigelles*, qui sortent à peine, on en compte exactement huit, bien développées et déjà vigoureuses, dans le lot traité.

On remarquera que l'influence de la radioactivité ne commence à se manifester bien nettement qu'après une douzaine de jours en moyenne. Mais elle est, naturellement, contemporaine du début de l'expérience. Il nous reste à soumettre, pour le démontrer, les graines de nos divers lots à une étude histologique méthodique et comparative, susceptible de préciser, dès le début, *la réaction proliférative des cellules végétales*, sous l'influence de la radioactivité.

Les faits qui précèdent sont de nature à faciliter l'interprétation des nombreux et importants résultats expérimentalement obtenus depuis quelques années, tant en France qu'à l'étranger, par l'emploi, en agriculture et en horticulture, de substances radioactives comme engrais. Provenant de minerais de radium ayant une composition très complexe, on pouvait supposer qu'elles agissent, dans le sol, tout autrement que par leur radioactivtié : à la manière, par exemple, des engrais *catalytiques*.

Il était donc indispensable d'établir, à l'abri de toute cause d'erreur, l'action favorisante certaine, sur la végétation, d'une radioactivité *stricte*, exactement calculée.

(¹) Nous n'avons pas mesuré exactement les *radicelles*, manifestement plus longues dans le lot radioactif, à cause de leur finesse, de leur fragilité, de leur enchevêtrement, partant, des difficultés de l'opération.

ÉCONOMIE RURALE. — *Sur les effets comparés de l'arsenic et du plomb dans les traitements appliqués contre les larves de Cochylis.* Note de MM. L. MOREAU et E. VINET, présentée par M. Schlœsing fils.

Nous avons signalé à plusieurs reprises [1], et d'autres auteurs ont fait après nous la même remarque, que, dans les parcelles de vignes traitées avec succès à l'arséniate de plomb, les larves de Cochylis qui avaient échappé à l'empoisonnement immédiat, étaient petites, chétives, jaunâtres, et avaient commis très peu de dégâts. Dans des parcelles voisines, traitées cependant avec succès à d'autres insecticides (à la nicotine, par exemple), les larves qui avaient survécu étaient, à la même époque, normales, bien développées et aussi vigoureuses que celles des témoins.

Nous avons voulu nous rendre compte, par des pesées de larves, de la valeur de cette observation et nous nous sommes demandé si cet effet spécial, constaté sur les larves, quand on emploie l'arséniate de plomb (quelle que soit la façon dont le poison agisse), était dû principalement à l'arsenic ou bien au plomb.

Deux années de suite, 1911 et 1912, dans des conditions variées de lieux et de cépages, nous avons fait traiter, le même jour, par le même ouvrier, en notre présence (le premier traitement a été fait au moment de l'éclosion des premières larves et le second 8 à 10 jours plus tard), un certain nombre de souches à l'*arséniate de zinc*, à l'*arséniate de chaux*, à l'*acétate de plomb* et au *carbonate de plomb*. Des souches voisines des précédentes furent traitées à l'*arséniate de plomb* et d'autres furent laissées comme témoins. Les doses d'arsenic employées, pour chaque bouillie arsénicale, correspondaient à 300g d'orthoarséniate disodique, par hectolitre, en 1911, et à 200g du même sel en 1912. Les doses de plomb correspondaient à 900g d'acétate neutre de plomb, par hectolitre, en 1911, et à 600g en 1912. Nous avons, trois semaines environ après l'application du premier traitement récolté, sur une dizaine de souches au moins dans chaque parcelle, *toutes les larves*, c'est-à-dire une centaine dans chaque cas, en moyenne; nous les avons introduites de suite dans de petits tubes tarés, fermés hermétiquement, que nous avons pesés, à la balance de précision, le jour même ou le lendemain. Le Tableau suivant donne le résultat de ces pensées.

---

[1] MAISONNEUVE, MOREAU et VINET, *La lutte contre la Cochylis* (*Revue de Viticulture*, t. XXXV, 1911, p. 39).

Poids moyen de 100 larves.

Témoins (moyenne de 2 ou 3).	Arséniate de plomb. 1 trait^t.	Arséniate de plomb. 2 trait^{ts}.	Arséniate de chaux. 1 trait^t.	Arséniate de chaux. 2 trait^{ts}.	Arséniate de zinc. 1 trait^t.	Acétate de plomb. 1 trait^t.	Carbonate de plomb. 1 trait^t.	Carbonate de plomb. 2 trait^{ts}.
Année 1911. — *Vigne de Beil-Beille, près Angers.*								
a. Dans du gamay (prélèvement le 14 juin).								
0^g,662	»	0^g,235	0^g,280	0^g,158	»	»	»	0^g,717
b. Dans du chenin blanc (prélèvement le 21 juin).								
0,804	0^g,243	larves filiformes, trop peu, pas pesées	»	0^g,154	»	»	»	0,437
Année 1912. — *Vigne de Maligné* (chenin blanc); prélèvement le 19 juin.								
0,873	0^g,443	»	0^g,562	»	0^g,524	0^g,917	0^g,984	»

Ces chiffres conduisent aux remarques suivantes : 1° Les pesées de larves confirment bien ce fait, observé antérieurement, que les Cochylis sont nettement moins développées dans les parcelles traitées à l'arséniate de plomb que dans les témoins. Il y a des variations d'une année à l'autre ; en 1912, les traitements ont été moins efficaces qu'en 1911, ce que nous savons, d'autre part, par les chiffres de mortalité ; cette différence est due aux difficultés d'application des insecticides en 1912 (végétation touffue, grappes très nombreuses, très développées, enfouies sous les feuilles, lors des traitements). 2° Les poids de larves les plus faibles sont constamment obtenus dans les parcelles traitées aux produits à base d'arsenic et au contraire, dans celles qui ont reçu les bouillies à base de plomb seulement, le poids de 100 larves est du même ordre que dans les témoins, sauf dans un cas, où il demeure cependant plus élevé que dans les parties traitées aux arséniates. *L'effet constaté sur les larves est donc essentiellement dû à l'arsenic.*

En dehors de l'expérience rapportée plus haut, nous avons remarqué un effet du même genre avec l'arséniate de cuivre ; par contre, cet effet était peu appréciable avec l'arséniate de fer, dont l'action insecticide immédiate était très faible.

Ces observations nous montrent que, pour apprécier à sa juste valeur l'efficacité des traitements arsénicaux en général, il ne suffit pas de faire seulement des numérations de larves, il faut tenir compte encore de celles qui ont survécu à l'action du poison et qui, à l'époque habituelle où les Cochylis se chrysalident, sont loin d'avoir achevé leur évolution. Rien ne

prouve que cette évolution sera complète et, en admettant qu'elle le soit, les papillons issus de ces larves n'auront-ils pas une fécondité atténuée? En tout cas, la seconde génération, très en retard, causera moins de dégâts.

Il ne se déduit pas de l'expérience précédente que l'on puisse indifféremment substituer à l'arséniate de plomb les autres composés arsénicaux. La *valeur pratique* des traitements (compris la mortalité, dont nous n'avons pas tenu compte ici, parce que des travaux antérieurs nous ont fixé sur ce point) reste en effet, dans l'ensemble, d'après nos observations, plus grande et plus constante avec les bouillies à l'arséniate de plomb qu'avec les autres bouillies arsénicales.

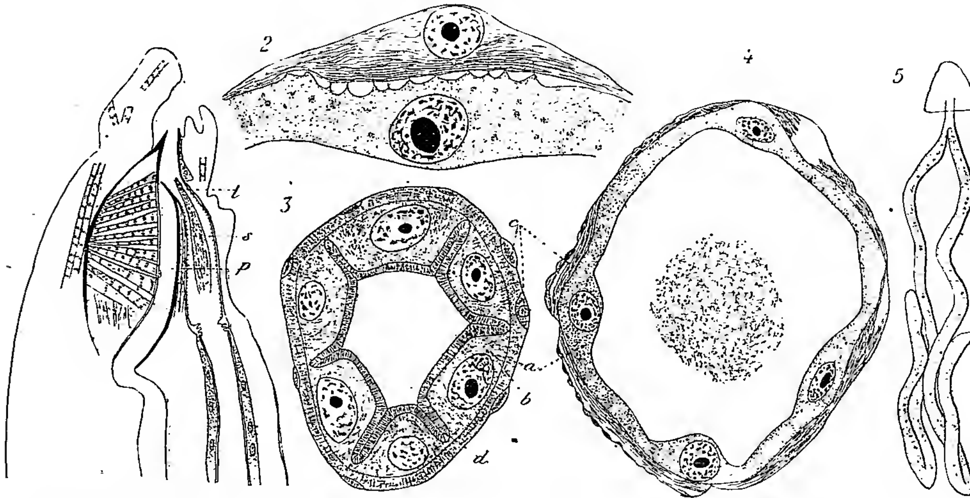
HISTOLOGIE. — *Sur une formation fibrillaire intracellulaire dans la tunique de la glande salivaire chez les larves de* Syrphinæ. Note de M. **D. Keilin**, transmise par M. Henneguy.

Les Syrphides présentent deux sortes de larves : saprophages et carnivores. Les Syrphides à larves carnivores (qui se nourrissent aux dépens des Pucerons), les seuls dont il sera question ici, appartiennent à des genres différents, assez nombreux, mais qui se rangent tous dans la sous-famille de *Syrphinæ*. Les glandes salivaires (*fig.* 5) de ces larves, comme celles de toutes les autres larves de Diptères, sont composées de deux tubes communiquant avec l'extérieur au moyen d'un canal chitineux commun, qui débouche dans la partie antérieure ventrale du pharynx. Chacun des deux tubes glandulaires chez les larves de *Syrphinæ* est recourbé en U dont les deux branches se touchent; la branche ascendante est de moitié plus courte que la branche descendante. Le conduit extérieur est ici très court et très large; ses anneaux chitineux sont très peu serrés et son orifice extérieur est fermé par une sorte de clapet chitineux (*l*, *fig.* 1) qui peut être mis en mouvement par l'action du pharynx. Au point de vue de la structure, on peut diviser la glande en deux parties : 1° le tronçon qui suit immédiatement le canal excréteur et qui occupe le tiers de la branche descendante; 2° tout le reste de glande. Si l'on regarde une coupe transversale de la partie antérieure de la glande, on voit cinq à six grandes cellules (*a*, *fig.* 3) renfermant chacune un noyau volumineux avec un réseau chromatique et un nucléole, qui présente souvent quelques petites vacuoles.

Du côté de la lumière de la glande, les cellules ont une bordure chiti-

neuse striée assez épaisse. J'ai pu observer une bordure en tous points comparable, dans le tronçon antérieur de la glande salivaire des larves de Mycétophylides; les prolongements hyalins des glandes salivaires des larves de Phorides sont sûrement de même nature, et enfin on a signalé des formations analogues dans les glandes de différents Insectes.

Tout ce que nous venons d'exposer pour les glandes salivaires de *Syrphinæ* cadre encore bien avec nos connaissances sur celles des Insectes



1. Coupe longitudinale médiane de la larve : *s*, canal excréteur de la glande salivaire; *p*, pharynx; *l*, clapet chitineux mobile. X 54. — 2. Coupe transversale de la glande montrant la cellule glandulaire rétractée à sa base et la cellule de la tunique fibrillaire. X 640. — 3. Coupe transversale du tronçon antérieur de la glande. X 360. — 4. Coupe transversale du tronçon postérieur de la glande : *a*, cellule glandulaire; *b*, couche protoplasmique sans noyaux; *c*, cellules de la tunique fibrillaire; *d*, bordure chitineuse striée. X 360. — 5. Aspect général de la glande salivaire X 12.

en général. Mais j'ai trouvé dans la glande salivaire de larves de *Syrphinæ* une tunique fibrillaire spéciale qui double l'épithélium glandulaire et dont l'analogue ne me paraît avoir encore été signalée chez aucun Insecte, ni peut-être même chez aucun Arthropode : on décrit ordinairement la glande salivaire de ces animaux comme réduite à un simple sac épithélial. On peut, chez les *Syrphinæ*, voir facilement la tunique sur les glandes entières extraites de la larve.

Elle se présente alors sous forme de faisceaux de fibres entrecroisés dans tous les sens. Sur une coupe transversale du tronçon antérieur de la glande on voit, autour des cellules glandulaires *a* que j'ai décrites, une couche protoplasmique (*b*, *fig.* 3) et, tout à fait à la périphérie, quelques petites cellules *c* assez bien distinctes de la couche *b*. Le protoplasme de la couche *b* présente un aspect tout à fait identique à celui de cellules glandulaires; on n'y trouve aucun noyau, et, comme il est séparé des

cellules glandulaires *a* et des cellules *c* par une limite suffisamment nette, il est difficile de dire si cette couche provient des cellules glandulaires *a* ou des cellules *c*. Les cellules *c* présentent à leur intérieur un noyau et, tout près de lui, de petits bâtonnets qui ne sont que des fibrilles longitudinales coupées transversalement.

Sur une coupe transversale du tronçon postérieur de la glande on ne voit ni la bordure chitineuse ni la couche protoplasmique *b*. Mais, tout autour de la glande, on trouve une couche très épaisse formée de faisceaux de fibres qui se colorent bien avec l'éosine, l'orange et l'indigo carmin. Chaque faisceau appartient à une cellule qui présente un grand noyau muni d'un nucléole volumineux (comme le noyau d'une cellule glandulaire); l'intérieur de la cellule est complètement occupé par un amas de fibrilles parallèles et très fines. Les faisceaux sont généralement bien appliqués contre l'épithélium glandulaire et semblent même être intimement liés à ce dernier. Par endroits, on voit la membrane cellulaire du faisceau plissée comme si elle avait subi une contraction due à des fibrilles. On trouve aussi des cellules glandulaires contractées à leur base (*fig.* 2), et l'espace libre qui se forme entre le faisceau et la cellule glandulaire est découpé par des tractus protoplasmiques qui vont de la cellule vers le faisceau.

Les petites cellules *c* qu'on voit à la périphérie de la partie antérieure sont de même nature que les cellules de la tunique fibrillaire du reste de la glande. Dans les deux cas, ce sont des cellules avec un noyau bien net, leur protoplasme est remplacé par des fibrilles plus ou moins développées.

Bien qu'on ne puisse encore se prononcer sur la nature exacte de cette tunique fibrillaire, qu'on n'a jamais signalée jusqu'ici chez les Insectes; on peut remarquer cependant que, ces fibrilles ne présentant aucune striation transversale, elles ne peuvent être considérées comme des muscles striés.

D'autre part, il y a des objections à les considérer soit comme muscles lisses, soit comme fibres conjonctives. Il sera donc nécessaire de les étudier avec une technique spéciale et aux différentes phases de leur développement.

Il me semble probable, en tout cas, que la présence de cette tunique fibrillaire n'est pas un fait isolé; elle existe sans doute chez d'autres Insectes mais sous une forme beaucoup moins accentuée, et il faudra peut-être en chercher l'origine dans la couche cellulaire très mince qui entoure la glande salivaire de beaucoup d'Insectes et que l'on signale sous le nom de couche endothéliale ou *tunica propria*, et dont l'origine est encore énigmatique.

Le grand développement de cette tunique fibrillaire chez les larves de *Syrphinæ* est probablement en rapport avec l'importance de leur sécrétion salivaire; en effet, c'est grâce à leur salive épaisse et collante que ces larves se fixent, se déplacent sur les plantes et capturent les pucerons aux dépens desquels elles se nourrissent [1].

---

(1) Ces divers résultats proviennent de l'étude des espèces suivantes: *Syrphus ribesii* L., *S. balteatus* de Geer, *S. luniger* Meig., *Platychirus scutatus* Meig., *Sphærophoria flavicanda* Zett. et *Melanostoma* sp.

MICROBIOLOGIE. — *Sur le traitement de la tuberculose par les micro-organismes marins.* Note [1] de M. **Raphael Dubois**, présentée par M. Henneguy.

Il a été beaucoup écrit et parlé dans ces derniers temps à propos de guérisons de la tuberculose au moyen des bacilles de la *Tortue de mer* annoncées par le Dr Friedmann, de Berlin.

C'est pour ce motif, bien que mes expériences, commencées en 1900, n'aient pas été poursuivies assez loin, que je crois devoir publier l'expérience suivante que je retrouve dans mes Notes de 1900-1901 et que je copie textuellement :

J'ai retiré, de « Jambonneaux » [2] pêchés sur la plage d'Hyères, des perles et, de la poche renfermant ces perles, des *Micrococcus* que j'ai cultivés dans un bouillon fait avec une décoction de « Chien de mer » (*Scyllium canicula* Cuv), de la gélanine, de la peptone et 3 pour 100 de sel.

Douze Cobayes ont été inoculés avec des cultures de bacilles de la tuberculose; tous les Cobayes ont eu des ganglions : ils étaient tous infectés. On leur a inoculé le micrococque en question au moment où tous avaient des ganglions. Dix mois après ils étaient tous bien vivants, sauf un qui était mort.

J'avais repris mes expériences il y a deux ou trois ans avec les Cobayes tuberculeux que je devais à l'obligeance de mon savant collègue de Lyon, M. le professeur Courmont, et qui m'avaient été envoyés par M. Couvreur au Laboratoire maritime de l'Université de Lyon, à Tamaris-sur-Mer. Mon retour à Lyon m'a empêché de suivre mes animaux en expérience et, de ce dernier essai, on ne peut rien conclure. Je m'étais proposé de recommencer quand j'ai appris que le Dr Friedmann préconisait un microbe *marin* pour la guérison de la tuberculose. J'avais été conduit à l'idée que le micrococque du sac perlier des perles du « Jambonneau » ou « grande nacre » pouvait servir au traitement de la tuberculose parce que je lui attribuais un rôle « calcificateur » dans la formation des perles.

Je reprends mes expériences et j'en ferai connaître les résultats dans une Note ultérieure. Je me propose également de vérifier l'action prétendue antituberculeuse de la Tortue de mer.

---

(1) Présentée dans la séance du 10 mars 1913.

(2) *Pinna nobilis* L. ou *P. squammata* Gm.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Mode d'action de la substance anticoagulante du plasma de propeptone.* Note de M. **Henri Stassano.**

Dans une Note antérieure [1] j'ai montré que le fibrin-ferment parvient librement à se former, comme dans du sang normal extravasé, dans le sang rendu incoagulable, chez le chien, par une injection intraveineuse de propeptone. Cette constatation élimine l'hypothèse d'après laquelle la substance anticoagulante déversée par le foie dans la circulation, sous l'excitation brusque de la propeptone, agirait en empêchant le profibrin-ferment de se transformer en fibrin-ferment actif. Deux autres hypothèses restent en présence pour expliquer l'incoagulabilité du sang de propeptone, du plasma incoagulé, notamment, qu'on sépare de lui par centrifugation : 1° la substance anticoagulante suspend l'action du fibrin-ferment tout formé sur le fibrinogène, ou, 2°, elle porte son pouvoir inhibiteur directement sur le fibrinogène.

Une analyse attentive des phénomènes qui accompagnent la coagulation du plasma de propeptone par dilution, des circonstances qui permettent, favorisent ou empêchent cette coagulation, écarte, à son tour, la première de ces deux hypothèses et apporte, au contraire, à la seconde, de nombreux et valables éléments de preuve.

Dans la coagulation du plasma de propeptone par dilution dans de l'eau distillée, en présence de différents sels neutres, on constate que le chlorure de calcium n'y intervient pas d'une façon élective, spécifique, comme dans l'activation du profibrin-ferment et dans l'action du fibrin-ferment sur le fibrinogène [2]. Bien au contraire, on constate que la tension osmotique des différents sels dans les dilutions employées y joue le premier rôle, comme s'il s'agissait simplement de la précipitation d'un colloïde stable (le fibrinogène) par déshydratation. Nous nous trouvons évidemment devant une phase encore plus avancée de la coagulation que les deux auxquelles je viens de faire allusion.

I. Diluons différents échantillons d'un plasma de propeptone capable de coaguler en l'étendant d'eau distillée : chaque échantillon dans deux

---

(1) *Contribution à la connaissance du plasma de propeptone* (*Comptes rendus*, 3 mars 1913).

(2) Stassano et Daumas, *Du rôle double du calcium dans la coagulation* (*Comptes rendus*, 11 avril 1910).

volumes, par exemple, d'une solution $\frac{1}{10}n$ d'un chlorure différent. La première dilution qui coagulera, au bout de 2 heures, sera celle faite avec NaCl; une dizaine de minutes après, celle faite avec KCl; suivra de très près celle correspondant à $MgCl^2$; avec un retard assez sensible de 1 heure environ, ce sera le tour de la dilution préparée avec $CaCl^2$; longtemps après, le lendemain, coagulera la dilution dans la solution de $SrCl^2$ et, enfin, le surlendemain, la dilution dans la solution de $BaCl^2$.

Évidemment, l'ordre d'apparition de la coagulation, dans ces différentes dilutions, est strictement l'ordre selon lequel les différents chlorures qu'elles renferment s'échelonnent d'après leurs poids moléculaires. Rien donc de la spécificité dont les sels de calcium jouent dans les phénomènes étudiés jusqu'ici de la coagulation. La tension osmotique seule entre en jeu et règle la formation des coagulums. Aussi la coagulation débute dans la solution du chlorure le plus léger et se manifeste de plus en plus tardivement à mesure qu'on passe aux solutions de sels de plus en plus lourds.

II. D'une façon générale, toutes les causes tendant à diminuer la stabilité colloïdale des globulines et du fibrinogène en particulier, entraînent la coagulation du plasma incoagulé de propeptone.

a. Diminution de la concentration saline, par dilution ou par dialyse. — Wooldridge a, le premier, signalé la coagulation du plasma de propeptone étendu d'eau distillée. J'ai constaté que la dilution *optima* varie, d'un plasma à l'autre, entre 2^{vol} et 4^{vol} d'eau pour 1^{vol} de plasma. La coagulation s'obtient même aux dilutions plus fortes (8^{vol}, 10^{vol}), mais avec un retard proportionnel.

Il y a des plasmas qui ne coagulent à aucun degré de la dilution. Ce sont les plasmas doués d'un pouvoir anticoagulant très fort. Ce pouvoir s'atténue après une quinzaine de jours de conservation à la glacière.

J'ai trouvé qu'on peut faire coaguler le plasma de propeptone en lui retirant des sels par la dialyse en eau distillée, dans des sacs de collodion; 2 à 3 heures de dialyse sont suffisants à la température du laboratoire.

b. Augmentation de la concentration saline. — Les électrolytes, selon leur degré de concentration, provoquent soit la précipitation, soit la redissolution des colloïdes. Voici ce qui se produit avec le plasma de propeptone étendu dans des concentrations salines différentes de NaCl. Dans les solutions de 0,1 à $0,7\frac{1}{2}$ pour 100, la coagulation se fait à peu près dans le même espace de temps; l'opacité, cependant, que les coagulums prennent en se formant et qui augmente même dans la suite, diminue progressivement à mesure qu'il y a plus de NaCl. A partir de $0,7\frac{1}{2}$ pour 100, la coagulation est retardée. Entre 5 et 15 pour 100 de NaCl, le plasma de propeptone dilué ne coagule plus. Dans la dilution, au contraire, de 20 pour 100, il coagule de nouveau; la coagulation s'y produit en même temps et souvent même plus tôt qu'aux très faibles concentrations. Au delà de 20 pour 100, la coagulation est encore une fois retardée. Il y a

donc deux points critiques, et même un troisième pour certains plasmas correspondant à la dilution dans une solution saturée de NaCl. La coagulation qui se produit à ces différents points critiques y est amorcée visiblement par un commencement de floculation de la fibrine, se transformant bientôt en un coagulum parfait. Ces différents points critiques peuvent varier d'un plasma à l'autre. Il y a des plasmas où la coagulation est retardée dès qu'on ajoute à la dilution une quantité insignifiante de NaCl.

c. Passage d'un courant d'acide carbonique. — Un plasma de propeptone qui coagule par dilution coagulera aussi, sans être dilué, si l'on y fait barboter pendant quelques instants un courant d'acide carbonique. Wooldridge a encore signalé le premier cette propriété. L'acide carbonique n'apporte immédiatement aucun changement visible dans la transparence et la viscosité du plasma; 30 minutes après, un léger voile y apparaît et le liquide ne tarde pas à se prendre en masse. L'action précipitante de l'acide carbonique sur les globulines est un fait bien connu. Encore dans ce cas, la coagulation du plasma de propeptone débute par la séparation de la fibrine sous forme d'un précipité.

d. Addition de colloïdes. — L'addition d'un colloïde fortement négatif, tel que l'albumine d'œuf, à du plasma de propeptone dilué dans de l'eau distillée, en hâte considérablement la coagulation. Elle la provoque même et assez rapidement, en une à deux heures, lorsqu'il s'agit d'un de ces plasmas doués d'un très fort pouvoir anticoagulant qui ne coagulent pas par simple dilution aqueuse, ni par l'action de l'acide carbonique. M. Iscovesco a démontré que la fibrine est un colloïde positif. L'albumine d'œuf doit former ainsi avec la fibrine un complexe qui précipite et amorce partant la coagulation comme dans tous les exemples antérieurs de séparation de fibrine aboutissant à la formation d'un caillot.

De même, l'addition de lécithine, qui est encore un colloïde négatif, favorise la coagulation du plasma de propeptone, sinon la provoque à elle seule sans le concours de l'acide carbonique, dans une ancienne expérience de Wooldridge [1].

L'hydrate ferrique, au contraire, qui est un colloïde de même signe que la fibrine, n'exerce aucune action dans ces mêmes circonstances. Cependant, une trace de cet hydrate ajoutée à la suspension aqueuse d'albumine en augmente nettement le pouvoir coagulant sur le plasma de propeptone.

e. Action du chauffage. — En chauffant le plasma de propeptone, il donne lieu à un louche qui se transforme vite en un dépôt, constitué en grande partie de fibrinogène, à peine on dépasse la température de 52°. Les globulines, le fibrinogène plus particulièrement, ne précipitent par la chaleur, dans les conditions ordinaires, dans la sérosité péritonéale de cheval par exemple, qu'entre 57° et 58°. Mais on sait aussi que les complexes albuminoïdes coagulent par la chaleur à des températures plus basses de l'albumine pure. Tel sera le cas du fibrinogène dans le plasma de propeptone, formant un complexe avec la substance anticoagulante propre de ce plasma.

Les conclusions qu'il est permis de tirer, ce me semble, de la manière de se comporter du plasma de propeptone lorsqu'on diminue la stabilité

---

[1] Wooldridge, *On the origin of the fibrinferment* (*Proc. Roy. Soc.*, 1884).

colloïdale de son fibrinogène par les différents moyens que je viens de signaler, ainsi que vis-à-vis des différents sels neutres, du chlorure de calcium compris, dont j'ai parlé au début de cette Note, sont les suivantes :

1° Dans le plasma de propeptone les deux premières phases de la coagulation du sang, en dehors des vaisseaux, se sont accomplies régulièrement, à savoir : l'activation du fibrin-ferment et l'action de ce dernier sur le fibrinogène.

2° Dans le plasma de propeptone on se trouve en face d'une troisième phase de la coagulation qui, dans la coagulation normale du sang, est très fugace et n'a été envisagée jusqu'ici que seulement à l'ultramicroscope (apparition de granules dans le gel uniforme) (1). Cette phase commence dès qu'on diminue la stabilité colloïdale du fibrinogène dans le plasma de propeptone par un des moyens aptes à provoquer la précipitation des globulines.

3° La substance anticoagulante du plasma de propeptone porte son action directement sur le fibrinogène, en formant avec lui un complexe qui l'empêche de précipiter et de donner lieu à la formation de coagulums de fibrine, sans le concours de l'un des moyens ci-dessus.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Rôle antitoxique du calcium vis-à-vis de quelques sels nutritifs dans la culture en milieu liquide du Pois et du Lupin.* Note de Mlle **C. Robert**, présentée par M. Roux.

Lorsqu'on transporte, dans un milieu liquide contenant à la fois des sels de magnésium, de potassium et de NH^4, de jeunes plantules ayant commencé à germer sur de l'eau redistillée (2), on observe que ces végétaux ne continuent pas à se développer, même si la concentration de la solution est faible et analogue à celle des liquides nutritifs usités habituellement (solution de Knop ou de Detmer, par exemple).

Mais si à cette solution on ajoute une quantité convenable d'un sel de calcium, on obtient un développement complet du végétal.

La jeune plantule continue aussi à croître, au moins jusqu'à l'épuisement

(1) André Mayer, *Comptes rendus Soc. Biologie*, 30 novembre 1907.

(2) L'eau employée dans mes expériences est de l'eau redistillée sous pression réduite dans un appareil de verre.

d'une partie des réserves de la graine, si on l'enracine simplement dans de l'eau redistillée.

On peut conclure des faits précédents :

1° Que la première solution sans calcium est non seulement incomplète au point de vue nutritif, mais encore très nettement toxique pour le végétal puisque celui-ci s'y développe moins bien que dans l'eau redistillée;

2° Que l'un des rôles des sels de calcium dans le milieu consiste à combattre cette action nuisible des autres éléments.

J'ai cherché à préciser cette propriété antitoxique des sels de calcium vis-à-vis des autres sels nutritifs.

On connaît, depuis les travaux de Lœw, Aso et quelques collaborateurs (1), l'antagonisme existant entre les sels de calcium et ceux de magnésium; de nombreuses recherches ont eu pour but de déterminer la relation la plus favorable entre ces deux éléments pour la croissance des plantes.

L'antagonisme existant entre un certain nombre d'autres sels a été aussi étudié pour les végétaux par Osterhout (2) qui s'est occupé surtout des constituants de l'eau de mer et du rôle joué par Na Cl dans ce milieu.

Les travaux de cet auteur ont été inspirés par les expériences bien connues de Lœb (3) sur l'action antagoniste des solutions des différents sels chez les animaux.

Pour étudier la toxicité des sels entrant dans la composition du liquide nutritif que j'emploie dans mes expériences et le rôle antitoxique que le calcium joue vis-à-vis de chacun d'eux, je cultive de jeunes plantules sur des solutions de chacun de ces sels à la concentration où il existe dans le liquide complet (sauf pour les sels ammoniacaux dont je diminue un peu la dose).

C'est-à-dire :

SO^4Mg	250^{mg} par litre
PO^4H^2K	500 »
NO^3NH^4	500 »

Je vérifie les résultats obtenus avec ces corps en employant d'autres sels dont je calcule le poids, de façon à conserver la même concentration en métal. Pour le calcium, je choisis la dose qui, en milieu complet, s'est

(1) Lœw, *Flora*, t. LXXV, 1892, p. 1892. — Lœw et Aso, *Bull. Coll. Agr. Tokio*, t. VI, 1905, p. 336.

(2) Osterhout, *Bot. Gaz.*, t. XLII, 1900, p. 129; t. XLIV, 1907, p. 259; t. XLVII, 1909, p. 148; *Jahrb. wiss. bot.*, t. XLVI, 1909, p. 121.

(3) Lœb, *Dynamique des phénomènes de la vie*, p. 95.

montrée la plus favorable. Au début, j'employais le calcium sous forme de carbonate, mais j'ai ensuite remplacé ce sel par le sulfate qui, à la même dose (500^{mg} par litre), produit sensiblement les mêmes effets et présente l'avantage de se dissoudre complètement dans le liquide.

Mes expériences les plus nombreuses ont été effectuées sur le Pois (var. Pois de Clamart).

Voici le résultat de deux expériences portant, la première sur les sels de Mg et de K, et la deuxième sur ceux de NH^4.

Chaque expérience a duré 12 jours, à une température variant de 20° à 25°.

Les chiffres donnés représentent la moyenne des mesures faites sur six plantules dans le premier cas, huit dans le deuxième.

Première expérience.

	Longueur.			Poids sec.		
	Tige.	Racine.	Tige + racine.	Tige.	Racine.	Tige + racine.
	mm	mm	mm	mg	mg	mg
Eau redistillée	34	96	130	18,5	10,5	29
SO^4Ca	85	217	302	47,6	16,6	64,2
SO^4Mg	12	8	20	»	»	17,6
PO^4H^2K	22	46	68	10,5	8,1	18,6
SO^4K^2	23	33	56	16,3	7,3	23,6
$SO^4Mg + SO^4Ca$	90	238	328	45,3	17	62,3
$PO^4H^2K + SO^4Ca$	74	226	300	45,5	12,8	58,3
$SO^4K^2 + SO^4Ca$	86	236	322	42,8	14,7	57,5

Deuxième expérience.

	Tige.	Racine.	Tige + racine.	Tige.	Racine.	Tige + racine.
Eau redistillée	34	67	101	16,2	11	27,2
SO^4Ca	81	227	308	38,7	18	56,7
NO^3NH^4	<5	<5	<10	»	»	13,5
$SO^4(NH^4)^2$	<5	<5	<10	»	»	13,7
$NO^3NH^4 + SO^4Ca$	82	160	242	39,6	20	59,6
$SO^4(NH^4)^2 + SO^4Ca$	72	180	252	36	19	55

Ces expériences montrent que :

1° A la dose employée, le calcium n'est pas toxique, il favorise même d'une façon très remarquable le développement de la jeune plantule;

2° Les sels de Mg, de K et de NH^4 sont toxiques aux concentrations employées;

3° L'addition d'un sel de Ca supprime la toxicité de ces corps;

4° Le développement dans les mélanges des sels de K, de Mg ou de NH^4 avec les sels de Ca est le même que lorsque le sel de Ca est seul. Les sels de K, de Mg et de NH^4 ne semblent donc pas jouer de rôle nutritif pour la plantule durant les premiers jours de sa végétation.

Le rôle antitoxique du calcium s'exerce encore vis-à-vis d'autres substances; lorsqu'on essaye de cultiver des plantules sur de l'eau qui a été distillée dans un appareil en cuivre étamé (celle qu'on emploie le plus habituellement dans les laboratoires), le développement du végétal s'arrête, cette eau ayant été rendue éminemment toxique par les traces métalliques qu'elle a entraînées (1). Une addition de calcium supprime en partie cette toxicité, comme le montre l'expérience suivante :

	Longueur.		
	Tige.	Racine.	Tige + racine.
	mm	mm	mm
Eau redistillée	43	64	107
Eau distillée ordinaire	36	19	55
Eau distillée ordinaire + SO^4Ca	83	36	119

Toutes ces expériences, refaites avec le Lupin blanc, m'ont donné des résultats identiques; ce dernier végétal est encore plus sensible que le Pois aux actions toxiques; même les sels de K, aux faibles doses employées, arrêtent dès le début tout développement.

Par contre, le Blé et le Maïs, expérimentés également, m'ont donné des résultats moins nets; car, pour ces végétaux, les sels de K ne paraissent pas nuisibles (au moins à la concentration indiquée plus haut) et l'on a seulement à considérer pour eux la toxicité des sels de Mg et de NH^4. Je me propose de faire de nouvelles recherches sur ces derniers végétaux.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la dialyse de la maltase.* Note de M. **W. Kopaczewski**, présentée par M. Roux.

Étant données les idées de G. Bertrand sur la nature des diastases, il était naturel d'employer la dialyse simple, ou le procédé de dialyse électrique de Dhéré (2), pour comprendre le rôle joué par les électrolytes dans l'hydrolyse du maltose par la maltase, et pour déceler la nature de ces électrolytes.

(1) Dehérain et Demoussy, *Comptes rendus*, t. 132, 1901, p. 523. — Coupin, *Comptes rendus*, t. 132, 1901, p. 645.

(2) Dhéré, *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 934 et 993.

Technique. — Comme maltase, nous avons employé la maltase de kôji (la takadiastase de commerce). Elle possède un pouvoir réducteur propre égal à 81,3 pour 100 de celui du maltose employé, une réaction alcaline à l'hélianthine et, desséchée jusqu'à poids constant, la composition suivante : H^2O à $+110°C. = 5,65$ pour 100, matières organiques $= 88,25$ pour 100 et 6,10 pour 100 de cendres. Abandonnée à la lumière, la solution de takadiastase noircit, mais augmente considérablement son pouvoir hydrolysant. Comme maltose, nous nous sommes servi du produit commercial, purifié par nous; il possédait un pouvoir rotatoire spécifique $= +133°,3$ à $+22°$ C. et un pouvoir réducteur égal à celui indiqué par G. Bertrand [1].

Le maltose contenait 0,072 pour 100 de cendres. Les solutions de la maltase et du maltose étaient préparées avec de l'eau redistillée de conductibilité $K = 1,6$ à $2,1.10^{-6}$, saturée de toluène. La dialyse était effectuée de la façon suivante : les sacs en collodion ont été plongés dans un dispositif destiné à faire circuler de l'eau, arrivant par le haut, chauffés 15 minutes dans un autoclave à $+115°$ C. On remplissait les sacs avec la solution de takadiastase à 1 pour 100 et on les abandonnait 24 heures pour imprégner la membrane et éviter ainsi les erreurs possibles dues à l'absorption; puis cette solution a été rejetée.

Les dialyseurs ainsi traités étaient prêts à servir. On les remplissait avec la solution de maltase à 2 pour 100, additionnée de toluène, préalablement deux fois filtrée sur papier Berzélius et l'on dialysait vis-à-vis d'un courant d'eau redistillée, chargée de toluène. Pendant la dialyse, le volume primitif du liquide intérieur augmente toujours, provoquant une diminution de l'activité de la maltase d'environ 1,6 pour 100. Toutes les 24 heures on faisait une prise de 5^{cm^3}, on rétablissait l'égalité de niveau des liquides et l'on examinait le pouvoir hydrolysant de la maltase. La durée de l'hydrolyse était de 3 heures et demie; les sucres ont été dosés par la méthode de G. Bertrand. L'erreur totale, due au dosage de sucre et à la dilution que subit le liquide pendant la dialyse, n'était pas supérieure dans nos expériences à ± 4 pour 100.

Voici les résultats obtenus : tout d'abord le pouvoir hydrolysant de la maltase augmente par la dialyse de plus du double après 24 heures, et se maintient aux environs de 180 pour 100 au bout de 96 heures de dialyse. En même temps les matières réductrices disparaissent; l'alcalinité diminue et correspond à $1^{cm^3},1$ au lieu de $9^{cm^3},7$ d'acide sulfurique $\frac{1}{100}$N, pour obtenir le virage au rouge de l'hélianthine. La plus grande partie de matières solides et de cendres est éliminée : il ne reste que 5,10 pour 100 de matières solides et 1,46 pour 100 de cendres. En mesurant la conductivité électrique de la maltase ainsi purifiée, nous avons constaté que la conductivité initiale $K = 81,8.10^{-6}$ est devenue $K = 11,9.10^{-6}$ après 96 heures de dialyse.

Pour enlever les matières qui causent cette conductivité relativement assez élevée, nous avons appliqué à la maltase déjà dialysée le procédé

[1] Bertrand, *Bull. Société chim.*, t. XXXV, 1906, p. 1285.

de dialyse électrique de Dhéré (¹). Après 6 heures de dialyse électrique, l'eau extérieure de conductivité $K = 0,8.10^{-6}$ est devenue nettement alcaline à la phtaléine dans le récipient positif, franchement acide dans le récipient négatif; aucune de ces deux réactions n'était plus constatée après 24 heures de dialyse. Pendant la dialyse la maltase se transportait vers le pôle négatif; le liquide de la branche positive, primitivement opalescent, s'éclaircissait progressivement, et celui de la branche négative se troublait davantage. La durée de dialyse était de 48 à 126 heures.

Au bout de ce temps, le passage des électrolytes dans l'eau extérieure était arrêté, ainsi qu'on pouvait le constater au moyen de la conductivité.

TABLEAU I.

Maltose 1 *pour* 100 (*conc. fin.*); *maltase* 0,5 *pour* 100 (*conc. fin.*); *durée d'hydrolyse*: 3^h30^m; *température* +40°,5 C.

Nos.	Solutions de la maltase.	Matières solides à +110° C. de la maltase.	Cendres de la maltase.	Acidité (−) ou alcalinité (+) à l'hélianthine en $\frac{SO^4H^2}{100}$N pour 0g,2 de la maltase.	Conductivité des solutions de la maltase.	Pouvoir hydrolysant de la maltase.
		pour 100	pour 100	cm³		pour
1.	Maltase filtrée 2 fois sur pap. Berzélius	93,12	6,12	+ 9,8	81,8×10⁻⁶	30,4
2.	Maltase filtrée 2 fois et abandonnée 72 heures	92,85	6,13	+10,6	205,7	61,8
3.	Maltase filtrée 2 fois et abandonnée 198 heures	93,41	6,08	+11,5	205,9	85,7
4.	Maltase dialysée 72 heures	5,23				
5.	Id. et abandon-		1,58	+ 1,2	11,9	89,8
	née 126 heures	5,25	1,56	+ 1,3	15,8	97,2
	Maltase purifiée par la dialyse électrique 48 heures	»	»	»	»	»
6.	Branches positive	0,57	indosable (¹)	»	5,2	71,9
7.	Branches négative	3,93	0,32	»	19,3	100,0
8.	Branches moyenne	indosable (¹)	indosable (¹)	»	3,8	49,2
	Maltase purifiée par la dialyse électrique 126 heures	»	»	»	»	»
9.	Branches positive	»	»	− 1,0	2,6	56,7
10.	Branches négative	3,85	indosable (¹)	+ 1,2	18,5	78,3
11.	Branches moyenne	»	»	+ 0,5	1,4	19,5

(¹) Dans un Mémoire ultérieur nous exposerons plus amplement les détails.

Il était donc inutile de prolonger davantage la dialyse électrique. La maltase ainsi traitée possédait les propriétés indiquées au Tableau I ci-contre (¹).

Conclusions. — De l'ensemble de ces faits nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

1° La dialyse ordinaire augmente tout d'abord le pouvoir hydrolysant de la maltase; ce pouvoir passe par un maximum, puis diminue légèrement. Une prolongation de la dialyse n'amène plus alors aucune modification appréciable;

2° La dialyse électrique, essayée à ce moment, enlève une nouvelle quantité d'électrolytes et abaisse encore un peu le pouvoir diastasique; toutefois, il n'a pas été possible, même par ce procédé, d'enlever les dernières traces d'électrolytes;

3° La maltase se transporte dans le champ électrique vers le pôle négatif;

4° La maltase ainsi purifiée possède une réaction faiblement acide à l'hélianthine.

GÉOLOGIE. — *Les terrains triasiques dans la région de la rivière Noire moyenne (Tonkin).* Note de M. **Deprat**, présentée par M. H. Douvillé.

Lors de mon dernier voyage dans la région de la rivière Noire, j'ai découvert des horizons triasiques nouveaux pour l'Indo-Chine; en divers points j'ai pu relever de très bonnes séries continues; mais fréquemment des dislocations intenses interrompent la continuité des horizons et les écrasements sont parfois tels que les fossiles complètement broyés sont, bien que nombreux, spécifiquement indéterminables. Sur les feuilles de Thanh-ba et de Van-yen, le Trías s'enfonce largement sous les terrains paléozoïques charriés sur lui.

I. *Trias inférieur.* — Absolument identique comme facies à celui que j'ai sommairement décrit dans le nord de l'Annam (région entre Dong-hoï et Vinh et entre Vinh et Thanh-hoa), il est essentiellement détritique et formé par une puissante série de poudingues, grès, arkoses, quartzites avec schistes pulvérulents rougeâtres ou jaunâtres marneux, identiques aux couches à *Danubites* de Lang-son. L'épaisseur totale est de 600^m à 700^m.

(¹) Dans les 60^{cm^3} du liquide, représentant $0^g,0615$ de matières solides.

II. Le *Trias moyen* offre à la base des poudingues bien visibles au col de Ban-ban dans le Phu-yen. Près de Lang-muong des marnes grisâtres alternant avec des calcschistes et des sables gréseux avec de petits lits de houille se montrent fossilifères. J'y ai observé un horizon de calcschistes en dalles couverts de *Hœrnesia* cf. *socialis* du Muschelkalk; un autre niveau est rempli de grands Lamellibranches (*Homomya*) spécifiquement indéterminables.

Au-dessus viennent des schistes marneux jaunes représentant le niveau à *Ceratites* cf. *trinodosus* de Khoa-trúong (Annam). Puis viennent des calcaires épais de 300^m environ, équivalents des calcaires anisiens de Quang-móc (Annam) que j'ai signalés ailleurs, à *Mentzelia Mentzeli* Dünk, etc., et des calcaires à *Ceratites*, *Balatonites*, *Cuccoceras*, *Celtites*, *Dinarites*, *Ptychites*, *Meekoceras* de Khoa-trúong dans lesquels les horizons balatonien et bosnien trouvent probablement leur représentation complète. Dans la région de Van-yen ces calcaires offrent parfois l'aspect de mylonites sur plusieurs centaines de mètres d'épaisseur et sont chevauchés par les terrains primaires; en dehors de la grande ligne de chevauchement que j'ai observée entre le fleuve Rouge et la rivière Noire, ils nous livreront, sans doute, de riches faunes.

Le Ladinien est probablement représenté partiellement dans la partie supérieure des calcaires massifs; vers le haut de la masse calcaire s'intercalent des schistes marneux bruns à grandes Daonelles et *Misidioptera* sp. avec des débris d'Ammonites, que leur position permet de considérer comme l'équivalent des schistes à *Protrachyceras Archelaüs* de Ban Namkay ([1]). Au-dessus se placent, au col entre Muong-thé et Mo-ha, une épaisse série de grès variés dans lesquels un niveau de marnes gréseuses brunes m'a fourni un gisement offrant des espèces cordevoliennes dont certaines sont identiques à des espèces de Saint-Cassian, ainsi *Myophoria inœquicostata* Klipst. très abondante, avec de nombreux *Trigonodus*, *Cyclonema*, etc.

III. Les couches précédentes terminent, sans doute, le Trias moyen. Elles sont surmontées, près de Bo-muong, par des grès marneux bruns où pullule une *Pomarangina* nov. sp. alliée à *Pomarangina Haydeni* Diener de Pomarang. Les couches à *Pomarangina* ont été rangées par Diener dans le

---

([1]) H. Mansuy, *Contribution à la Géologie du Tonkin* (*Paléontologie*) (*Mém. Serv. géol. de l'Indo-Chine*, t. I, fasc. IV, p. 70).

Julien, c'est-à-dire à la base du Carnien de Spiti. Elles se trouvent également en Indo-Chine à la base du Carnien, selon toutes probabilités.

Dans le Phu-yen, j'ai découvert une série intéressante, très riche en Ammonites dont les cloisons sont admirablement conservées et qui seront prochainement décrites. On observe de haut en bas :

7. Grès durs quartziteux sans fossiles.
Marnes brun rosé à *Eutomoceras* n. sp., *Dittmarites* n. sp., *Sagenites* n. sp.
6. Banc calcaire dur sans fossiles.
5. Masse de grès roses et jaunes avec bancs de marnes rosées écailleuses à *Tropites*, *Eutomoceras*, *Sagenites*, *Dittmarites*.
150m 4. Grès roses et marnes grises sèches à *Daonelles* déformées, avec *Trachyceras* (*Anolcites*) sp.
3. Marno-calcaires noirâtres à *Trachyceras* sp., *Pachyrisma rostratum* Laube (espèce de Saint-Cassian), *Gonodon* sp., *Promathildia* sp.
2. Marnes et grès marneux à *Arcestes* n. sp., *Proarcestes Balfouri* Oppel., *Balatonites* sp., *Ceratites* n. sp.
1. Calcaires sans fossiles.

La partie supérieure est interrompue par le chevauchement d'une épaisse lame de calcaires anisiens écrasés; les calcaires de la base se perdent sous la plaine du Phu-yen. Je considère les couches 1 à 3 comme appartenant au Trias moyen. En effet, dans les couches 2, on rencontre *Proarcestes Balfouri* Opp., espèce appartenant au Ladinien du Tibet; l'*Arcestes* n. sp. est très voisin de *Arc. Escheri* des couches à *Ceratites trinodosus* de la Schreyer Alm. Dans 3 on rencontre des espèces telles que *Pachyrisma rostratum* Laube qui appartient à la faune de Saint-Cassian. Les couches 5 et 6 sont l'équivalent des couches himalayennes de Byans à *Tropites* (Tuvalien), comme le montre leur faune.

Il me reste à citer un horizon formé de marnes jaunes dans lesquelles j'ai recueilli *Posidonomya* sp. et *Halobia* cf. *Beneckei* du Trias supérieur de Sicile. Je ne sais pour le moment où se place exactement ce niveau qui se trouve dans une position particulière au point de vue tectonique.

Les explorations ultérieures compléteront ces premières données déjà fort intéressantes et nous fourniront certainement de nouveaux horizons.

M. J. de Boissoudy adresse une Note *Sur la constante de la loi du rayonnement*.

(Renvoi à l'examen de M. Violle.)

M. Riabouchinsky envoie une Note *Sur les propriétés de la fonction* $|x|$: *dérivation, intégration, usage pour la représentation des polygones plans et des formes cristallines*. Il introduit *une unité complexe j, définie par la condition* $|j| = -1$.

(Renvoi à la Section de Géométrie.)

A 3 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 4 heures.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 10 mars 1913. (Suite.)

Carte du Maroc, dressée sous la direction de Henri Barrère; 1 : 1000000. Paris, Andriveau-Goujon, 1913; deux exemplaires : l'un en 1 feuille in-plano, l'autre en un Atlas in-f° oblong. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

Notice sur les Travaux scientifiques de M. Paul Renard. Paris, Gauthier-Villars, 1913; 1 fasc. in-4°.

Trente-sept années de fouilles préhistoriques et archéologiques en France et en Italie par M. E. Rivière. (Extr. des *Comptes rendus de l'Association française pour l'Avancement des Sciences*. Congrès de Lyon, 1906.) Paris et Lyon, A. Storck; 1 fasc. in-8°.

Annuaire de la Fondation Thiers, 1913; nouvelle série, t. IX. Issoudun, imp. Gaignault, 1913; 1 fasc. in-8°.

La conquête des terres incultes par l'azerolier, par Gustave Faliès. Paris, Librairie française de l'Agriculture..., 1 fasc. in-18.

Fenouil doux et christophines, par Gustave Faliès. Paris, C. Finoux et Cie, 1913; 1 fasc. in-18.

Destruction simultanée du négril et de la cuscute des luzernes, par L.-E. Solanet. Montpellier, s. d.; 1 fasc. in-18.

Geological literature added to the Geological Society's library, during the year ended december 31st 1911. Londres, 1912; 1 vol. in-8°.

Bibliothèque de l'Observatoire royal de Belgique, à Uccles. *Catalogue alphabé-*

tique des livres, brochures et cartes, préparé et mis en ordre par M. A. COLLARD; t. II, fasc. I et II. Bruxelles, Hayez, 1912; 2 vol. in-8°.

Proceedings of the London mathematical Society; series II, vol. XII, part 1; issued february 8, 1913. Londres; 1 fasc. in-4°.

Detroit Observatory. *Publications of the astronomical Observatory of the University of Michigan;* vol. I, p. 1-72. Ann Arbor, 1912; 1 fasc. in-4°.

ERRATA.

—

(Séance du 20 janvier 1913.)

Note de M. *A. Lacroix*, Sur la constitution minéralogique et chimique des laves des volcans du centre de Madagascar :

Page 176, ligne 7, *au lieu de* Iliazadramosa, *lire* Hiaradramosa.
Même page, ligne 24, *au lieu de* lauriskose, *lire* laurvikose.
Page 179, lignes 3 et 4 en remontant, *au lieu de* $\frac{K^2}{Na^2O}$, *lire* $\frac{K^2O}{Na^2O}$.

(Séance du 10 février 1913.)

Note de M. *Carl Störmer*, Sur un problème important dans la Physique cosmique :

Page 452, ligne 6, *au lieu de*

le signe + à choisir, si $bm > 0$; le signe —, si $bm < 0$,

lire

le signe — à choisir, si $bm > 0$; le signe +, si $bm < 0$.

Page 452, dans la formule pour $Q_1 + h$, *ajouter* + ... au second membre.
Page 453, ligne 4, *au lieu de*

$$D = -2\xi^{-1} + 6\xi^{-2} + 4\xi^{-3},$$

lire

$$D = -2\xi^{-1} + 6\xi^{-2} - 4\xi^{-3}.$$

Page 453, ligne 11, *au lieu de* $0 > \xi < 1$, *lire* $0 < \xi < 1$.
Page 453, ligne 14, *au lieu de*

$$D = 12\cos^{-4}\omega, \qquad h = 8\cos^{-6}\omega,$$

lire

$$D = -12\cos^{-4}\omega, \qquad h = -8\cos^{-6}\omega.$$

(Séance du 17 février 1913.)

Note de M. *Carl Störmer*, Sur un problème mécanique et ses applications à la Physique cosmique :

Page 538, ligne 12 en remontant, *au lieu de*

$$-\frac{\sqrt{3}}{q} < D < \frac{\sqrt{3}}{q},$$

lire

$$-\frac{\sqrt{3}}{9} < D < \frac{\sqrt{3}}{9}.$$

(Séance du 3 mars 1913.)

Note de M. *André Blondel*, Puissance intérieure et couple synchronisant des alternateurs synchrones travaillant sur réseau à potentiel constant ou en parallèle :

Page 681, ligne 2 en remontant, *au lieu de* $(I - I_{cc}\sin\psi)$, *lire* $(I_{cc} - I\sin\psi)$.
Page 682, ligne 5, *au lieu de* situation, *lire* saturation.
Page 682, ligne 14, *au lieu de* $\frac{kN^2}{2}$, *lire* $\frac{kKN^2}{2}$.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 25 MARS 1913.

PRÉSIDENCE DE M. F. GUYON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** donne lecture du Décret suivant :

DÉCRET.

Le Président de la République française,

Sur le rapport du Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts,
Vu l'arrêté consulaire du 3 pluviôse, an XI;
Vu les ordonnances des 21 mars et 5 mai 1816;
Vu la délibération de l'Académie des Sciences du 10 février 1913, relative à la création de six places de Membres non résidents, qui seront réservées à des savants français qui résident hors des départements de la Seine et de Seine-et-Oise,

Décrète :

Article premier. — Sont créées, aux conditions indiquées dans la délibération susvisée du 10 février 1913, six places de Membres non résidents de l'Académie des Sciences.

Article 2. — Le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts est chargé de l'exécution du présent décret.

Fait à Paris, le 17 mars 1913.
Signé : R. Poincaré.

Par le Président de la République :
Le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts,
Signé : T. Steeg.

Pour ampliation :
Le Directeur de l'Enseignement supérieur, Conseiller d'État,
Signé : Bayet.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les surfaces minima engendrées par un cercle variable.* Note de M. **Gaston Darboux.**

1. Dans son Mémoire *Sur les surfaces d'aire minima pour un contour donné* (¹), Riemann a fait connaître une surface minima des plus intéressantes, engendrée par un cercle variable dont le plan est assujetti à demeurer parallèle à un plan fixe. D'après la méthode même suivie par l'illustre géomètre, on reconnaît immédiatement que la surface minima à laquelle il a été conduit est la plus générale parmi toutes celles qui sont engendrées par un cercle, lorsque le plan de ce cercle conserve une direction invariable. On peut se demander si cette restriction est nécessaire et s'il n'existe pas des surfaces minima engendrées par un cercle variable dont le plan ne demeure plus parallèle à un plan fixe. J'ignore si cette recherche a déjà été abordée; en tous cas, je crois utile de faire connaître le résultat négatif auquel je suis parvenu.

2. J'avais d'abord songé à employer une méthode reposant sur l'emploi des formules célèbres, dues à M. H.-A. Schwarz, qui déterminent, par de simples quadratures, la surface assujettie à passer par un contour analytique donné et à y admettre, en chaque point, un plan tangent donné dont la variation est aussi déterminée par des formules analytiques. Si (C) est le contour donné, supposé réel, et si les coordonnées x, y, z d'un point du contour ainsi que les cosinus directeurs X, Y, Z du plan tangent en ce point sont des fonctions analytiques d'un certain paramètre t, les formules de M. Schwarz peuvent être mises sous la forme

$$(1)\quad \left\{\begin{aligned} x' &= \frac{x_1+x_2}{2} + \frac{i}{2}\int_{t_1}^{t_2}(\mathrm{Y}\,dz - \mathrm{Z}\,dy),\\ y' &= \frac{y_1+y_2}{2} + \frac{i}{2}\int_{t_1}^{t_2}(\mathrm{Z}\,dx - \mathrm{X}\,dz),\\ z' &= \frac{z_1+z_2}{2} + \frac{i}{2}\int_{t_1}^{t_2}(\mathrm{X}\,dy - \mathrm{Y}\,dx),\end{aligned}\right.$$

x_1, y_1, z_1 étant les valeurs de x, y, z pour $t = t_1$; x_2, y_2, z_2 étant les valeurs des mêmes coordonnées pour $t = t_2$, et x', y', z' désignant les coordonnées

(¹) Voir Riemann, *Œuvres mathématiques traduites par L. Laugel.* Paris, Gauthier-Villars, 1898, p. 305 et suiv.

du point de la surface cherchée, qui seront ainsi exprimées en fonction des deux paramètres t_1, t_2. Les points réels de la surface correspondront au cas où les valeurs de t_1 et de t_2 seront imaginaires conjuguées, en supposant, bien entendu, que soient réelles les expressions de x, y, z en fonction du paramètre choisi t.

Cela posé, supposons qu'on veuille trouver les surfaces minima engendrées par un contour d'espèce donnée.

Soient

$$f(x, y, z, a, b, c, \ldots) = 0,$$
$$\varphi(x, y, z, a, b, c, \ldots) = 0$$

les équations les plus générales qui définissent un tel contour; a, b, c, ... étant des constantes dont le nombre dépendra de la nature du contour choisi. Il sera, par exemple, de 4 pour une droite, de 6 pour un cercle, de 8 pour une conique, de 16 pour une biquadratique, etc. La surface la plus générale engendrée par un tel contour s'obtiendra en supposant que tous les paramètres a, b, c, ... soient fonctions d'un paramètre variable λ. Alors le plan tangent en un point (x, y, z) de la surface sera défini par les deux équations

$$\frac{\partial f}{\partial x}dx + \frac{\partial f}{\partial y}dy + \frac{\partial f}{\partial z}dz + d\lambda\sum\frac{\partial f}{\partial a}a' = 0,$$
$$\frac{\partial \varphi}{\partial x}dx + \frac{\partial \varphi}{\partial y}dy + \frac{\partial \varphi}{\partial z}dz + d\lambda\sum\frac{\partial \varphi}{\partial a}a' = 0,$$

où a', b', c' désignent les dérivées de a, b, c, ... par rapport à λ. Si donc on pose

$$(2) \qquad L = \sum\frac{\partial f}{\partial a}a', \qquad M = \sum\frac{\partial \varphi}{\partial a}a',$$

les cosinus directeurs de la normale seront déterminés par les équations

$$(3) \qquad \frac{X}{M\frac{\partial f}{\partial x} - L\frac{\partial \varphi}{\partial x}} = \frac{Y}{M\frac{\partial f}{\partial y} - L\frac{\partial \varphi}{\partial y}} = \frac{Z}{M\frac{\partial f}{\partial z} + L\frac{\partial \varphi}{\partial z}} = \frac{1}{\Delta}$$

où l'on a

$$(4) \qquad \Delta^2 = M^2 S\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 - 2ML S\frac{\partial f}{\partial x}\frac{\partial \varphi}{\partial x} + L^2 S\left(\frac{\partial \varphi}{\partial x}\right)^2.$$

En tous les points d'un même contour a, b, c, ... et a', b', c', ... sont des constantes qu'on peut choisir arbitrairement. X, Y, Z sont donnés par les formules (3) et il est permis d'appliquer les formules de M. Schwarz. On sera sûr d'obtenir ainsi, *si elles existent*, toutes les surfaces minima engen-

drées par un contour de la nature de celui qui a été choisi. Mais il sera fort possible que la surface ne puisse être engendrée de cette manière. Tout ce qu'on peut affirmer, c'est qu'elle contiendra deux contours infiniment voisins de l'espèce qui aura été choisie.

3. Appliquons cette méthode générale à la recherche des surfaces minima engendrées par un cercle. Les équations du cercle peuvent être mises sous la forme

$$(5)\qquad \begin{cases} (x-a)^2+(y-b)^2+(z-c)^2-R^2=0, \\ A(x-a)+B(y-b)+C(z-c)=0, \end{cases}$$

où l'on peut même supposer

$$(6)\qquad A^2+B^2+C^2=1,$$

ce qui pourra exclure certaines surfaces minima imaginaires. Si l'on pose

$$(7)\qquad \begin{cases} H=-a'(x-a)-b'(y-b)-c'(z-c)-RR', \\ K=\ \ A'(x-a)+B'(y-b)+C'(z-c)-Aa'-Bb'-Cc', \end{cases}$$

les formules (3) et (4) nous donneront

$$(8)\qquad X=\frac{AH-K(x-a)}{\Delta},\qquad Y=\frac{BH-K(y-b)}{\Delta},\qquad Z=\frac{CH-K(z-c)}{\Delta},$$

où l'on aura

$$(9)\qquad \Delta^2=H^2+K^2R^2.$$

Si l'on veut appliquer la méthode générale que nous avons indiquée, on pourra supposer qu'on ait choisi les axes coordonnés de telle manière que le cercle particulier considéré ait pour équations

$$(9')\qquad x^2+y^2=R^2,\qquad z=0,$$

ce qui exigera qu'on fasse, dans les formules,

$$(10)\qquad A=0,\qquad B=0,\qquad C=1,\qquad a=b=c=0.$$

Les valeurs de X, Y, Z, deviendront alors

$$(11)\qquad X=\frac{-Kx}{\Delta},\qquad Y=\frac{-Ky}{\Delta},\qquad Z=\frac{H}{\Delta},$$

et l'on aura

$$(12)\qquad \begin{cases} H=-a'x-b'y-RR', \\ K=\ \ A'x+B'y-c'. \end{cases}$$

Les formules de M. Schwarz nous donneront donc

$$x' = \frac{x_1 + x_2}{2} - \frac{i}{2}\int \frac{\mathrm{H}\,dy}{\Delta},$$
$$y' = \frac{y_1 + y_2}{2} + \frac{i}{2}\int \frac{\mathrm{H}\,dx}{\Delta},$$
$$z' = \frac{i}{2}\int \frac{\mathrm{K}}{\Delta}(y\,dx - x\,dy).$$

Si l'on pose

(13) $$x = \mathrm{R}\cos\varphi, \qquad y = \mathrm{R}\sin\varphi,$$

elles prennent la forme

(14) $$\left\{\begin{aligned} x' &= \frac{\mathrm{R}}{2}(\cos\varphi_1 + \cos\varphi_2) + \frac{i\mathrm{R}^2}{2}\int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \frac{a'\cos\varphi + b'\sin\varphi + \mathrm{R}'}{\Delta}\cos\varphi\,d\varphi, \\ y' &= \frac{\mathrm{R}}{2}(\sin\varphi_1 + \sin\varphi_2) + \frac{i\mathrm{R}^2}{2}\int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \frac{a'\cos\varphi + b'\sin\varphi + \mathrm{R}'}{\Delta}\sin\varphi\,d\varphi, \\ z' &= -\frac{i\mathrm{R}^2}{2}\int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \frac{\mathrm{A}'\mathrm{R}\cos\varphi + \mathrm{B}'\mathrm{R}\sin\varphi - c'}{\Delta}\,d\varphi, \end{aligned}\right.$$

où l'on a

(15) $$\Delta^2 = \mathrm{R}^2(a'\cos\varphi + b'\sin\varphi + \mathrm{R}')^2 + \mathrm{R}^2[\mathrm{A}'\mathrm{R}\cos\varphi + \mathrm{B}'\mathrm{R}\sin\varphi - c']^2.$$

4. Ce sont des intégrales elliptiques d'une forme assez compliquée. Comme le polynome Δ^2 peut être décomposé en facteurs, il ne serait pas impossible de réduire ces intégrales à la forme normale. Il y a même un cas particulier où elles se présentent d'elles-mêmes sous cette forme : c'est celui où les deux cercles infiniment voisins par lesquels passe la surface sont égaux et situés dans des plans parallèles. Alors les plans tangents à la surface en tous les points du cercle considéré enveloppent un cylindre, droit ou oblique.

Dans cette hypothèse, il faut faire

$$\mathrm{R}' = \mathrm{A}' = \mathrm{B}' = 0,$$

et même on peut annuler b' en faisant tourner les axes autour de Oz; de sorte que les formules (14) prennent la forme suivante :

$$x' = \frac{\mathrm{R}}{2}(\cos\varphi_1 + \cos\varphi_2) + \frac{ia'\mathrm{R}^2}{2}\int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \frac{\cos^2\varphi}{\Delta}\,d\varphi,$$
$$y' = \frac{\mathrm{R}}{2}(\sin\varphi_1 + \sin\varphi_2) + \frac{ia'\mathrm{R}^2}{2}\int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \frac{\cos\varphi\sin\varphi}{\Delta}\,d\varphi,$$
$$z' = \frac{ic'\mathrm{R}^2}{2}\int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \frac{d\varphi}{\Delta},$$

où l'on a

(16) $$\Delta^2 = R^2(a'^2 + c'^2 - a'^2 \sin^2\varphi).$$

Si l'on pose

(17) $$k = \frac{a'}{\sqrt{a'^2 + c'^2}}, \qquad k' = \frac{c'}{\sqrt{a'^2 + c'^2}}, \qquad \sin\varphi = \operatorname{sn} u,$$

on aura

$$\Delta = R\sqrt{a'^2 + c'^2}\,\operatorname{dn} u$$

et si l'on introduit la fonction uniforme bien connue

$$Z(u) = k^2 \int_0^u \operatorname{sn}^2 u\, du,$$

les formules qui déterminent la surface deviendront

(18) $$\begin{cases} x' = \dfrac{R}{2}(\operatorname{cn} u_1 + \operatorname{cn} u_2) + \dfrac{ikR}{2}(u_2 - u_1) + \dfrac{iR}{2k}[Z(u_1) - Z(u_2)], \\ y' = \dfrac{R}{2}(\operatorname{sn} u_1 + \operatorname{sn} u_2) + \dfrac{iR}{2k}(\operatorname{dn} u_1 - \operatorname{dn} u_2), \\ z' = \dfrac{ik'R}{2}(u_2 - u_1). \end{cases}$$

Si l'on pose

(19) $$u_1 = \alpha + \beta i, \qquad u_2 = \alpha - \beta i,$$

les formules d'addition des fonctions elliptiques nous donnent

(20) $$\begin{cases} x' = kR\beta + \dfrac{iR}{k} Z(\beta i) + R \operatorname{cn}\beta i \dfrac{\operatorname{cn}\alpha \operatorname{dn}\beta i + ik \operatorname{sn}\beta i}{\operatorname{dn}\beta i + ik \operatorname{cn}\alpha \operatorname{sn}\beta i}, \\ y' = R \operatorname{cn}\beta i \dfrac{\operatorname{sn}\alpha}{\operatorname{dn}\beta i + ik \operatorname{cn}\alpha \operatorname{sn}\beta i}, \\ z' = k'R\beta. \end{cases}$$

On peut déterminer un angle ψ par les formules

(21) $$\cos\psi = \frac{\operatorname{cn}\alpha \operatorname{dn}\beta i + ik \operatorname{sn}\beta i}{\operatorname{dn}\beta i + ik \operatorname{cn}\alpha \operatorname{sn}\beta i}, \qquad \sin\psi = \frac{\operatorname{sn}\alpha}{\operatorname{dn}\beta i + ik \operatorname{cn}\alpha \operatorname{sn}\beta i},$$

et par suite, en substituant ψ à α, présenter les équations qui déterminent la surface sous la forme

(22) $$\begin{cases} x' = kR\beta + \dfrac{iR}{k} Z(\beta i) + R \operatorname{cn}\beta i \cos\psi, \\ y' = R \operatorname{cn}\beta i \sin\psi, \\ z' = k'R\beta, \end{cases}$$

qui montre *que la surface est engendrée par un cercle dont le plan est perpendiculaire à l'axe des z*. On peut d'ailleurs éliminer β et ψ et écrire l'équation de la surface en coordonnées cartésiennes

$$(23)\qquad \left[x - \frac{k}{k'}z - \frac{iR}{k}Z\left(\frac{iz}{Rk'}\right)\right]^2 + y^2 = R^2\,\mathrm{cn}^2\,\frac{iz}{Rk'}.$$

C'est, nous le verrons, la surface de Riemann. Sa forme dépend des deux constantes R et k.

PARASITOLOGIE. — *Au sujet des toxoplasmes du lapin et du gondi.* Note de MM. **A. Laveran** et **M. Marullaz.**

A. Splendore a fait connaître, en 1908, un Protozoaire nouveau qui, au Brésil, donne lieu à des épizooties chez les lapins [1].

Peu après, C. Nicolle et L. Manceaux [2] ont décrit, chez le gondi de Tunisie, *Ctenodactylus gondi*, un Protozoaire ayant la plus grande ressemblance morphologique avec le parasite du lapin de Splendore et ils ont créé, avec raison, un genre nouveau, le genre *Toxoplasma*, pour désigner ces protozoaires qui s'éloignent notablement des *Leishmania* dont Splendore les avait d'abord rapprochés.

La question de savoir si le *Toxoplasma cuniculi* doit être, ou non, identifié au *T. gondii* n'a pas encore été résolue.

La grande ressemblance morphologique des deux parasites est une présomption en faveur de leur identité, mais elle n'autorise pas une conclusion ferme; des protozoaires morphologiquement semblables peuvent en effet avoir des caractères biologiques trop différents pour qu'on puisse les identifier.

On devait se demander si le *Toxoplasma cuniculi* et le *T. gondii* étaient inoculables aux mêmes espèces animales.

T. cuniculi a été inoculé, avec succès, au lapin (Splendore), au cobaye, au pigeon (Carini), à plusieurs passereaux, à des oiseaux du genre *Euphonia* (Splendore); sans succès au rat blanc (L. Magnaghi).

T. gondii a été inoculé avec succès au gondi, au cobaye (C. Nicolle et L. Manceaux, C. Nicolle et M. Conor, 4 fois sur 17), à la souris qui est

---

(1) A. Splendore, *Revista da Socied. scientif. de São Paulo*, t. III, 1908, nos 10-12, et t. IV, 1909, nos 5-7.

(2) C. Nicolle et L. Manceaux, *Comptes rendus*, 26 octobre 1908 et 8 février 1909, et *Arch. de l'Institut Pasteur de Tunis*, 1909, p. 97.

très sensible (C. Nicolle et M. Conor), au pigeon (C. Nicolle et M. Conor); nous avons constaté que le *Padda oryzivora* s'infectait facilement par la voie péritonéale.

Le *T. gondii* a été inoculé sans succès aux macaques, au chien, au rat blanc, au lapin (C. Nicolle et L. Manceaux, C. Nicolle et M. Conor).

C. Nicolle et Mme Conor qui ont inoculé sans succès 5 lapins à Tunis [1], par la voie intra-péritonéale, avec le *T. gondii*, ont conclu de ce fait que vraisemblablement ce toxoplasme appartenait à une autre espèce que le *T. cuniculi*.

Le Dr C. Nicolle ayant eu la grande obligeance d'envoyer à l'un de nous deux souris inoculées à Tunis avec le *T. gondii*, nous avons pu étudier à l'Institut Pasteur ce parasite et, si nos observations confirment, sur la plupart des points, celles du Dr C. Nicolle et de Mme Conor, elles en diffèrent pour ce qui regarde la sensibilité du lapin au virus.

Les deux premiers lapins que nous avons inoculés, dans le péritoine, avec l'exsudat péritonéal d'une souris infectée de *T. gondii*, ne se sont pas infectés. 5 jours après l'inoculation, la ponction du péritoine a fourni quelques gouttes d'un exsudat visqueux dans lequel il a été impossible de trouver des toxoplasmes. L'un des lapins a été sacrifié, en très bon état, 17 jours après l'inoculation : on n'a trouvé de toxoplasmes ni dans l'exsudat péritonéal, ni dans la rate. Ces lapins pesaient au moment de l'inoculation l'un 830g et l'autre 875g.

Un troisième lapin, plus jeune que les deux premiers, du poids de 550g, inoculé le 15 mars 1913 avec l'exsudat péritonéal d'une souris infectée de *T. gondii* a, le 18 mars, des toxoplasmes extrêmement rares dans l'exsudat péritonéal. Deux souris inoculées le 18 mars, avec l'exsudat péritonéal du lapin, s'infectent. Le lapin meurt le 23 mars. Le péritoine, qui est légèrement enflammé, surtout autour du foie, contient 60cm³ d'un exsudat non visqueux, un peu trouble; après centrifugation d'une partie de ce liquide, on constate l'existence, dans le culot, de toxoplasmes très rares. Les frottis du foie, de la rate et des poumons montrent aussi des toxoplasmes en très petit nombre; l'examen des frottis de moelle osseuse est négatif. Il y a eu dans ce cas infection généralisée, mais avec des toxoplasmes rares.

Chez un quatrième lapin inoculé, non plus dans la cavité péritonéale comme les trois premiers, mais dans une veine, la démonstration de la virulence du *Toxoplasma gondii* n'a rien laissé à désirer; le lapin est mort

---

(1) C. Nicolle et Marthe Conor, *Soc. de Pathologie exotique*, 12 mars 1913.

le sixième jour après l'inoculation avec une infection généralisée, bien caractérisée par l'existence de toxoplasmes nombreux dans le foie et la rate, non rares dans la moelle osseuse et les poumons. Nous résumons cette observation.

Un jeune lapin pesant 580g est inoculé le 15 mars 1913, dans la veine marginale d'une des oreilles, avec une goutte de l'exsudat péritonéal d'une souris infectée de *Toxoplasma gondii;* la goutte d'exsudat a été diluée dans de l'eau physiologique.

Le lapin est trouvé mort le 21 mars, il ne pèse plus que 500g, il a donc maigri.

Exsudat péritonéal presque nul. La rate, fortement augmentée de volume, pèse 2g,60; on ne distingue de granulations blanchâtres ni à la surface, ni sur la coupe. Le foie est pâle, ce qui paraît dépendre de l'anémie; à la face supérieure et à la face inférieure du foie, on trouve un certain nombre de nodules blanchâtres, dont les plus gros atteignent le volume de têtes d'épingles, qui ressemblent à des granulations tuberculeuses; quelques nodules se voient aussi sur les coupes. Reins pâles. Les lobes inférieurs des poumons sont fortement congestionnés. Rien à noter du côté du cœur. Les ganglions lymphatiques ne sont pas hypertrophiés.

La goutte d'exsudat péritonéal qui sert à faire un frottis ne montre pas de toxoplasmes. Dans les frottis du foie et de la rate, les toxoplasmes sont, au contraire, nombreux; les parasites sont généralement libres; les formes en voie de division, par bipartition, abondent. Dans les frottis de la moelle osseuse et du poumon (lobes inférieurs congestionnés), les toxoplasmes ne sont pas rares, ils existent aussi, mais en très petit nombre, dans les frottis obtenus avec la substance cérébrale. L'examen de deux frottis du sang a été négatif.

Il nous paraît ressortir de ces observations que le *Toxoplasma gondii* est inoculable au lapin et qu'il peut produire, chez cet animal, une infection généralisée tout à fait comparable à celle que produit le *Toxoplasma cuniculi*, mais que la voie intra-péritonéale se prête mal à l'infection, au moins quand il s'agit du passage du virus de souris à lapin, et que la voie intraveineuse est beaucoup meilleure. L'âge des animaux est aussi un facteur important. Les lapins s'infectent d'autant plus facilement qu'ils sont plus jeunes.

Il est à remarquer, d'autre part, que les deux toxoplasmes sont inoculables au pigeon, et que ce fait extraordinaire, dans l'histoire des Protozoaires pathogènes, d'un oiseau sensible à un virus provenant de mammifères, constitue un caractère commun d'une grande importance.

En dernier lieu, il faut noter que la toxoplasmose naturelle du lapin a été observée à Saint-Louis (Sénégal) (1), ce qui permet de supposer qu'elle existe aussi dans d'autres régions de l'Afrique.

(1) G. BOURRET, *Bull. Soc. de Pathologie exotique*, t. IV, 14 juin 1911, p. 373.

Sans vouloir conclure à l'identité des toxoplasmes du lapin et du gondi, nous dirons que les arguments pouvant être invoqués en faveur de cette opinion nous paraissent avoir une grande valeur.

M. **Gaston Bonnier** fait hommage à l'Académie des fascicules 7 à 10 de la *Flore complète, illustrée en couleurs, de France, Suisse et Belgique.*

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section d'Astronomie, en remplacement de M. *Charles André*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 25,

M. Lebeuf	obtient	....	24 suffrages
M. Luc Picart	»	....	1 suffrage

M. **Lebeuf**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce le décès de M. *Louis Henry*, Correspondant pour la Section de Chimie.

Sir **John Rose Bradford**, Secrétaire honoraire du *Comité Lister*, demande à l'Académie de contribuer à la constitution du Fonds destiné à honorer la mémoire de l'illustre chirurgien.

(Renvoi à la Commission administrative.)

M. le **Sous-Secrétaire d'État des Postes et des Télégraphes**, en accusant réception du Rapport relatif aux *Niagaras*, fait savoir à l'Académie qu'il lui communiquera les observations concernant l'électricité atmosphérique qui seront faites dans son service.

M. **Sauvage** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

La rotation de la Terre; ses preuves mécaniques anciennes et nouvelles. Second Appendice : Continuation des expériences, par J.-G. Hagen. (Présenté par M. G. Bigourdan.)

ASTRONOMIE. — *Étoiles doubles nouvelles découvertes à l'Observatoire de Lille.* Note de M. **R. Jonckheère**, présentée par M. B. Baillaud.

Le 21 avril 1908, j'ai eu l'honneur d'annoncer à l'Académie la création d'un nouvel Observatoire dans le nord de la France, sur la commune de Hem, à 8^{km} de Lille. Il se trouve par $3^m23^s,52$ est de Paris [1] et $50°39'37''$ de latitude.

Par délibération prise par le Conseil de l'Université de Lille, le 26 juin 1912, et par arrêté ministériel du 6 juillet, ledit Observatoire a été rattaché à l'Université de Lille et j'ai été appelé à donner un cours d'Astronomie pratique à la Faculté des Sciences et à l'Observatoire.

Le programme des travaux que se proposait le nouvel Observatoire portait en première ligne l'étude des étoiles doubles qui a été un peu délaissée en France depuis 1894, c'est-à-dire depuis les mesures de MM. Bigourdan, Perrotin et de l'Observatoire de Toulouse.

Le total des mesures micrométriques que nous avons obtenues est de 3442, mais c'est surtout les recherches d'étoiles doubles nouvelles qui ont occupé toutes nos belles nuits depuis maintenant 8 ans.

Avec un équatorial de 22^{cm}, je découvris en 1906 et 1907 quelques premiers nouveaux couples dont j'augmentais encore la liste en 1908 à l'Observatoire de Strasbourg; enfin, depuis 1909, ces étoiles ont été vérifiées à l'équatorial de l'Observatoire de Lille et avec cet instrument j'ai pu découvrir plusieurs centaines d'étoiles. Elles sont distribuées en 13 Catalogues et portent aujourd'hui le nombre de nouveaux couples à 1002.

---

(1) *Sur la longitude de l'Observatoire de Lille déterminée par télégraphie sans fil* (*Monthly Notices*, t. LXXII, p. 3).

J'ai déjà indiqué (¹) comment ce travail était poursuivi. La partie du ciel la plus observée est contenue entre les déclinaisons — 2° et + 20°.

Voici la composition des 13 Catalogues par ordre de distance angulaire des composantes :

Catalogue.	0″0-2″0.	2″1-3″0.	3″1-4″0.	4″1-5″0.	5″1 à +.	Total.	Publication.
I..........	54	17	10	0	1	82	*A. N.*, 4406
II.........	29	35	33	20	16	133	*A. N.*, 4461
III........	21	28	20	29	2	100	*A. N.*, 4484
IV........	25	22	27	24	2	100	*A. N.*, 4510
V.........	20	25	30	25	0	100	*M. N.*, LXXI, 9
VI.........	8	14	29	34	0	85	*M. N.*, LXXII, 1
VII........	18	16	18	15	0	67	*M. N.*, LXXII, 2
VIII......	21	19	0	0	0	40	*M. N.*, LXXII, 3
IX........	16	29	0	0	0	45	*J. A.*, t. 1, p. 129
X.........	17	32	0	0	0	49	*J. A.*, t. 1, p. 145
XI........	8	9	3	0	0	20	*J. A.*, t. 1, p. 150
XII........	25	54	11	0	0	90	*J. A.*, t. 2, p. 1
XIII.......	19	19	37	15	1	91	*J. A.*, t. 2, p. 9
Totaux.	281	319	218	162	22	1002	

On remarquera que 980 ont une distance inférieure à 5″,1; c'est 208 de plus que le nombre de ces couples contenus dans les Catalogues réunis de Hough et Otto Struve.

Ces nouvelles étoiles sont naturellement plus faibles que celles découvertes antérieurement. Otto Struve avait déjà examiné toutes les étoiles jusqu'à la septième grandeur, puis Burnham découvrit tout ce qui restait comme étoiles brillantes; enfin Hussey et Aitken examinèrent toutes les étoiles jusqu'à la neuvième grandeur, et cela d'une façon si complète et systématique, qu'une fois ce travail terminé, il ne doit plus être pratiquement possible de découvrir des étoiles doubles plus brillantes que cette grandeur (²).

Les découvertes deviennent naturellement de plus en plus difficiles.

Cependant notre période de belles nuits est en hiver, alors qu'à l'Observatoire de Lick elles sont rares à cette époque; c'est pourquoi nous avons pu encore trouver quelques couples relativement brillants.

La grandeur moyenne de l'étoile principale est de 9,19 pour les 1002

(¹) *Comptes rendus,* t. 152, p. 575.
(²) Ottawa, *Report* 1907, p. 52.

couples ; comme nos grandeurs sont 0,2 ± plus brillantes que les grandeurs du *Bonner Durchmusterung*, il faut la réduire à 9,4 d'Argelander.

Les distances limites suggérées par Aitken dans les *Astronomische Nachrichten*, n° 4505, sont de 5″ pour les étoiles contenues entre la sixième et la neuvième grandeur et de 3″ pour les étoiles plus faibles. Notre distance moyenne, comprenant celles des étoiles plus brillantes que la neuvième grandeur, est de 3″,09.

Voici les distances et grandeurs moyennes pour chaque catalogue :

Catalogue.	Moyenne des distances.	Moyenne des grandeurs.	Nombre d'étoiles.	Catalogue.	Moyenne des distances.	Moyenne des grandeurs.	Nombre d'étoiles.
I.....	2″,07	9,19	82	VIII...	1″,86	9,20	40
II....	4,70	8,78	133	IX.....	2,16	9,45	45
III....	3,28	9,03	100	X.....	2,29	9,44	49
IV....	3,16	8,92	100	XI.....	2,14	9,43	20
V.....	3,07	9,29	100	XII.. .	2,41	9,39	90
VI....	3,64	9,25	85	XIII...	3,25	9,52	91
VII....	3,00	9,28	67	Moyennes.	3,09	9,19	

Les étoiles, qui n'ont été mesurées qu'une soirée, sont habituellement remesurées les années suivantes; c'est ainsi que le total des mesures de ces nouvelles étoiles seules est de 2,193, soit en moyenne 2,2 par étoile.

On découvre actuellement des étoiles très faibles à mouvement propre rapide; l'étude de ces nouvelles étoiles doubles nous montrera de même si les étoiles faibles ne sont pas quelquefois relativement rapprochées. La découverte de ces étoiles nous paraît intéressante parce que, comme l'a dit Burnham en 1906, dans la Préface de son *Catalogue général*, page VII, presque rien n'a encore été fait pour trouver les étoiles doubles serrées plus faibles que la neuvième grandeur, et l'on ne peut encore savoir le rang qu'elles prendront dans la classe des étoiles doubles physiques.

CHRONOMÉTRIE. — *Nouvelles recherches expérimentales sur le spiral double.* Note de M. **Jules Andrade.**

I. Dans mes premières expériences résumées dans ma Note du 6 janvier, j'ai étudié les durées de l'extinction du mouvement d'un balancier armé d'un spiral cylindrique double sans courbes terminales, pour les diverses orientations relatives des deux moitiés du spiral. Ces premières observations portaient sur une demi-amplitude initiale de la vibration du balancier égale à ±90°; elles ont révélé que l'association la plus avantageuse des

deux spiraux, pour l'amplitude initiale précitée, *est sensiblement celle* pour laquelle les projections des deux viroles sur un plan perpendiculaire à l'axe sont en coïncidence.

II. J'ai poursuivi ces expériences sous les demi-amplitudes initiales de $\pm 90°$ et de $\pm 135°$.

Dans cette seconde série d'observations, faite en janvier et février dernier, j'ai reconnu d'abord la nécessité d'éviter une erreur systématique plus importante encore que celle qui provient de petits écarts de température et qui résulte des variations du serrage des vis de fixage. On devra serrer celles-ci à fond et s'abstenir d'y toucher durant toute une série d'observations; on devra donc, en déplaçant successivement le piston et la virole du spiral inférieur, laisser le bâti porteur des pierres de l'axe *invariablement* lié à son bloc support.

III. Les graphiques des durées d'extinction aux diverses orientations du spiral inférieur ont des allures tout à fait parallèles, pour l'une et l'autre des semi-amplitudes initiales étudiées.

Ces graphiques confirment un minimum des frottements propres aux spiraux pour la position dans laquelle les deux viroles sont confondues en projection.

Pratiquement, on peut conserver sensiblement les orientations favorables en déplaçant encore le spiral inférieur de $\pm 25°$ par rapport à la position ci-dessus énoncée, du moins à l'approximation des mesures.

Au contraire, le maximum de la perturbation des frottements propres au spiral double a lieu pour *une position du spiral inférieur* que l'on obtient en le déplaçant depuis sa position aux viroles confondues par une rotation de 135° exécutée dans le sens *de l'enroulement ascendant* des spires.

IV. Les expériences précédentes, poursuivies sur plusieurs tours, ont révélé un affaiblissement accidentel du ressort double dû à un commencement de rouille de l'un des spiraux. Ces expériences seront continuées avec une précision plus grande sur un spiral double en palladium.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Théorie électronique de la gravitation.* Note [1] de M. L. **Décombe**, présentée par M. Appell.

I. Considérons, sous le nom de *spectron*, un système de n électrons gravitant *sur une même orbite* à l'intérieur d'une distribution cubique d'électricité positive. On supposera cette distribution sphérique et, afin que le

[1] Présentée dans la séance du 17 mars 1913.

système soit électrostatiquement neutre aux grandes distances, sa charge totale (ne) sera prise égale à n fois celle (e) d'un électron.

L'action électrique totale de deux spectrons quelconques se compose de trois parties :

1° *Les actions électrostatiques.* Leur résultante est nulle si la distance des deux spectrons est suffisante.

2° *Les actions galvanostatiques* qu'*a priori* on doit supposer pouvoir exister entre les charges positives fixes de l'un des systèmes et les éléments de courant auxquels sont assimilables les électrons en mouvement de l'autre. Elles doivent être également considérées comme nulles dans le cas qui nous occupe [1].

3° *Les actions électrodynamiques* entre les mêmes éléments de courant. Pour les calculer, désignons par ρ et ρ' les rayons vecteurs OM et O'M' des électrons M et M', par x, y, z, x', y', z' les projections de ces vecteurs sur trois axes rectangulaires fixes, l'axe des x étant parallèle à la droite $OO' = d$ qui joint les centres des orbites, par r la distance des deux électrons supposée très grande par rapport à x, y, z, x', y', z' et employons la formule d'Ampère :

$$f = \frac{2\,i\,i'\,ds\,ds'}{r^2}\left(\frac{1}{2}\frac{\partial r}{\partial s}\frac{\partial r}{\partial s'} - r\frac{\partial^2 r}{\partial s\,\partial s'}\right). \tag{1}$$

On sait que f représente une force *positive dans le cas d'une attraction et dirigée suivant la droite qui joint les deux éléments de courant ds et ds'.*

Si l'on écrit alors les relations connues :

$$i\,ds = ve, \qquad i'\,ds' = v'e \tag{2}$$

et si l'on pose ensuite :

$$v = \frac{ds}{dt}, \qquad v' = \frac{ds'}{dt'}, \tag{3}$$

on trouve, pour l'action *moyenne* f_m des deux éléments de courant considérés :

$$f_m = \frac{e^2}{d^2}\frac{1}{TT'}\int^{T}\int_0^{T'}\left(-\frac{dx}{dt}\frac{dx'}{dt'} + 2\frac{dy}{dt}\frac{dy'}{dt'} + 2\frac{dz}{dt}\frac{dz'}{dt'}\right)dt\,dt', \tag{4}$$

T et T' désignant les périodes de révolution de chaque électron.

On voit que nous désignons le temps par t ou t' suivant qu'il s'agit de

[1] Cette question donnera lieu à une publication ultérieure.

l'une ou l'autre orbite, afin de pouvoir intégrer séparément le long de chacune d'elles.

Or, il est visible que f_m est nul.

Cela tient à ce que nous avons implicitement considéré comme instantanée la propagation des *actions électrodynamiques*.

Si on lui attribue une vitesse finie, il y a lieu de remplacer dans la formule précédente t par $t - \frac{x}{V}$ et t' par $t' + \frac{x'}{V'}$ (en supposant, pour plus de généralité, la vitesse de propagation différente à l'intérieur de chaque spectron) et l'on trouve, tous calculs faits :

$$(5) \quad f_m = \frac{e^2}{d^2} \frac{1}{VV'} \frac{1}{TT'} \int_0^T \int_0^{T'} \left[\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 \left(\frac{dy}{dt'}\right)^2 - 2\frac{dx}{dt}\frac{dy}{dt}\frac{dx'}{dt'}\frac{dy'}{dt'} - 2\frac{dx}{dt}\frac{dz}{dt}\frac{dx'}{dt'}\frac{dz'}{dt'} \right] dt\,dt'.$$

Dans le cas où les orbites sont circulaires, on obtient :

$$(6) \quad F = \frac{nn'}{d^2}\left(\frac{e}{V}\frac{2\pi^2 a^2}{T^2}\right)\left(\frac{e}{V'}\frac{2\pi^2 a'^2}{T'^2}\right)\left(\cos^2\theta\cos^2\theta' - \frac{1}{2}\sin 2\theta \sin 2\theta' \cos i\right),$$

n et n' désignant le nombre d'électrons qui évoluent respectivement sur chaque orbite, a et a' les rayons de ces orbites, θ et θ' leurs inclinaisons sur la droite $OO' = d$ et i l'angle des deux plans projetant OO' sur chacun des plans orbitaux.

Nous supposerons alors :

1° *Que la masse mécanique d'un spectron provienne uniquement de celle de ses électrons;*

2° *Que la quantité* $\frac{1}{V}\frac{e}{m}\frac{\pi^2 a^2}{T^2}$ *soit une constante universelle* $\sqrt{\varphi}$.

Dans ces conditions, l'action moyenne F_m de deux spectrons dont les orbites sont supposées pouvoir prendre toutes les orientations possibles dans l'espace, prend la forme essentiellement positive :

$$(7) \quad F_m = \varphi \frac{MM'}{d^2},$$

où M et M' désignent les masses totales de chaque spectron.

ELLE EST DONC IDENTIFIABLE AVEC LA GRAVITATION UNIVERSELLE.

II. Les résultats précédents subsistent lorsqu'on suppose les deux spec-

trons animés dans l'espace de déplacements indépendants quelconques. Il y a alors lieu de substituer, aux éléments de courant $MN = i\,ds$ et $M'N' = i'ds'$, les deux éléments MN_1 et $M'N'_1$ obtenus en composant respectivement MN et M'N' avec les éléments NN_1 et $N'N'_1$ dus aux déplacements des deux spectrons. L'action réciproque des deux circuits fermés MNN_1M et $M'N'N'_1M'$ étant nulle, l'action cherchée de MN_1 sur $M'N'_1$ sera identique à celle de MNN_1 sur $M'N'N'_1$. Or celle-ci se compose :

1° De l'action de MN *sur* M'N', la seule qui intervienne pour deux spectrons au repos;

2° Des trois actions suivantes : MN *sur* $N'N'_1$, NN_1 *sur* M'N' et NN_1 *sur* $N'N'_1$ qui, lorsqu'on en fait la sommation pour tous les électrons de chaque système, sont exactement neutralisées par l'action des éléments de courant provenant du déplacement des charges positives qui constituent les distributions cubiques.

L'action mutuelle des deux spectrons en mouvement est donc la même qu'au repos.

III. Dans le cas, qui paraît être celui de la réalité, où la force attractive est proportionnelle à la distance, la condition :

$$\frac{1}{V}\frac{e}{m}\frac{\pi^2 a^2}{T^2} = \sqrt{\varphi} \tag{9}$$

exprime que *l'énergie totale d'un spectron* $\left(E = nm\frac{4\pi^2 a^2}{T^2}\right)$ *est un multiple entier* (n) *d'un quantum élémentaire* ε *égal à* $\frac{4\sqrt{\varphi}\,V m^2}{e}$. Si l'on suppose que la vitesse de propagation de l'action électrodynamique à l'intérieur d'un spectron de période T soit proportionnelle à la fréquence et si l'on pose, par exemple, $VT = K$, ε *prend la forme* $\varepsilon = \frac{h}{T}$ *identique à celle du quantum de la théorie du rayonnement noir.* De plus la condition (9) exprime alors que *le moment magnétique d'un spectron* $\left(\mathfrak{M} = n\frac{\pi a^2 e}{T}\right)$ *est un multiple entier* (n) *d'un moment magnétique élémentaire universel.*

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la conductibilité électrique du tellure.* Note de Mlle **Paule Collet**, présentée par M. Violle.

J'ai étudié la conductibilité de trois masses de tellure polies, à faces parallèles de $0^{mm},5$ à 2^{mm} d'épaisseur. L'orientation cristalline de ces

échantillons n'a aucune action sur les phénomènes observés. Les électrodes mises en contact avec le tellure sont des lames métalliques polies ou des fils de section variable, amenés au centre d'une plaque d'ébonite. Avec ce montage, le tellure ne fonctionne pas comme détecteur d'ondes.

Les expériences ont porté sur quatre points principaux.

I. *Influence de la pression sur la résistance.* — Tant que la pression est inférieure à une valeur P_1 (30g à 40g par millimètre carré) la résistance varie de façon très irrégulière, ce qui est dû à de mauvais contacts rompus ou établis par le courant.

A partir de la valeur P_1 la résistance, pour une différence de potentiel donnée, demeure constante jusqu'à une valeur P_2 de la pression.

Au delà de la valeur P_2, la différence de potentiel demeurant constante, un accroissement de pression provoque une diminution de résistance; de plus les variations de la résistance avec la différence de potentiel deviennent de moins en moins marquées :

Différences de potentiel (en volts)	0,23	0,46	1,84
Résistances sous pression P_1 (en ohms)	4	3,75	2,3
Résistances sous forte pression (en ohms)	1,91	1,87	1,5

II. *Forces électromotrices résiduelles.* — Après le passage, pendant une minute environ, d'un courant excitateur, le tellure est le siège d'une force électromotrice résiduelle, dont la grandeur et le sens dépendent de la nature des contacts.

Le plus souvent cette force électromotrice garde le même sens et presque la même grandeur lorsqu'on renverse le courant. Le phénomène est du reste très capricieux et paraît complexe. Pour une force électromotrice de 2 volts, par exemple, la force électromotrice résiduelle atteint 0,001 volt; elle ne disparaît qu'après 6 à 10 minutes.

III. *Influence de la durée de passage du courant.* — A. Pour des durées excédant plusieurs secondes, la résistance est fonction du temps pendant lequel passe le courant.

Aux intensités inférieures à 25 milliampères le passage prolongé du courant développe une force électromotrice toujours de même sens qui accroît la résistance apparente pour un courant d'un certain sens et la diminue dans le sens inverse.

Si l'intensité dépasse 0,06 ampère, le passage prolongé du courant se produit avec des saccades dans l'intensité et la différence de potentiel. Mais l'effet, pour des intensités plus faibles, est une diminution marquée et d'ailleurs temporaire de la résistance. Peu à peu, à ces faibles intensités, la résistance reprend la valeur qu'elle avait avant le passage des courants intenses.

La création, aux faibles intensités, d'une force électromotrice indépendante du sens du courant peut s'expliquer par un effet Joule échauffant inégalement les deux électrodes. Quant aux courants intenses, amenés par des électrodes de surface inférieure à 1^{mm^2}, ils provoquent des échauffements énormes et localisés, accompagnés même de fusion et de recristallisation, ce qui explique l'irrégularité de leur passage et les modifications, d'ailleurs temporaires, qu'ils apportent dans la résistance.

B. Pour des durées de passage de l'ordre d'une fraction de seconde, la résistance a pour chaque intensité une valeur bien déterminée, unique et indépendante du temps pendant lequel passe le courant.

Ce temps variant, par exemple, de 1 à 5 pour une intensité de 0,52 ampère, les valeurs de la résistance sont 3,59 ohms et 3,46 ohms.

IV. *Rôle de la force électromotrice appliquée aux bornes des électrodes.*

Dans les expériences qui suivent, la durée de passage du courant a varié de $\frac{1}{15}$ à $\frac{1}{3}$ de seconde environ; la résistance ne dépendant pas de cette durée, il semble qu'on doive écarter toute explication qui fasse intervenir des actions thermo-électriques.

Si e est la force électromotrice, i l'intensité, la courbe en e, i part de l'origine avec une inclinaison assez forte.

Tantôt elle est tout d'abord rectiligne, puis un coude brusque l'amène à une branche parabolique à grande courbure ($i = ae^2 + be + c$). Ceci a lieu avec des contacts un peu instables, à électrodes peu serrées et constituées toutes deux par des pointes. Tantôt, au contraire, la courbe a, dès l'origine, une allure parabolique ($i = ae^2 + be$); le coude s'efface et, pour des intensités voisines de 1 ampère, les courbes des deux catégories deviennent parallèles.

Aux fortes pressions, on obtient toujours des courbes de la seconde catégorie qui sont d'autant plus voisines d'une droite que la pression et la surface des électrodes sont plus grandes.

En général, la courbe est symétrique par rapport à l'origine, au moins dans sa partie parabolique. Cependant, lorsque les deux électrodes sont des pointes, on constate des dissymétries assez marquées qui s'accentuent avec l'intensité et se manifestent souvent, à partir d'une certaine valeur de i, par un glissement de la branche parabolique parallèlement à l'axe des ordonnées.

PHYSIQUE. — *Sur les longueurs d'onde des raies du krypton.* Note de MM. H. **Buisson** et Ch. **Fabry**, présentée par M. Deslandres.

La Métrologie a besoin de radiations monochromatiques pour les mesures interférentielles de longueurs. Seules les raies très fines peuvent être utili-

sées, leur largeur limitant les longueurs mesurables; il est d'autre part désirable qu'elles soient dépourvues de satellites. On a jusqu'ici utilisé surtout les radiations du cadmium, parmi lesquelles la raie rouge, seule, est pleinement satisfaisante, la verte et surtout la bleue étant accompagnées de satellites.

Nous avons récemment indiqué (¹) que les gaz rares de l'atmosphère, surtout les plus lourds, donnent des lignes extrêmement fines. Le néon, employé à la température ordinaire, permet, d'après nos mesures, d'observer des interférences jusqu'au numéro d'ordre 324000; plusieurs de ses raies ont été mesurées interférentiellement par M. Priest au Bureau of Standards de Washington et par M. Pérard au Bureau international des Poids et Mesures (²). On est limité, pour l'utilisation de ces raies, à des différences de marche de l'ordre de 16cm. Des raies plus fines sont désirables dans beaucoup de cas. C'est ce que nous avons obtenu au moyen des radiations du krypton, qui permettent d'atteindre des ordres d'interférence de 600000, et même de 950000 en refroidissant le tube à gaz par un bain d'air liquide, ce qui donne une différence de marche de 53cm, valeur la plus élevée qui ait été observée jusqu'ici dans un phénomène d'interférence d'ondes lumineuses.

Ayant eu récemment à mesurer un étalon interférentiel de 100mm d'épaisseur, construit par M. Jobin pour la Chambre des Poids et Mesures de l'Empire de Russie, nous avons été amenés à employer ces raies du krypton, et pour cela à en déterminer d'abord les longueurs d'onde. Le krypton donne deux lignes intenses dans le spectre visible, une verte et une jaune. Nous les avons comparées à la raie rouge du cadmium en mesurant des diamètres d'anneaux produits par des lames argentées à faces parallèles (³). Comme valeur approchée servant de point de départ, on a pris les nombres donnés par Runge (⁴) et l'on a obtenu des valeurs de plus en plus exactes en utilisant des interférences produites par des épaisseurs de 2mm,5, 15mm et 25mm. On peut alors passer à l'étalon de 100mm (200mm de différence de marche).

Pour cette dernière mesure, on a d'abord comparé l'étalon de 100mm avec celui de 25mm, par la méthode des franges de superposition (⁵); comme

(¹) *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 1224; *Journal de Physique*, juin 1912.

(²) Priest, *Bulletin of the Bureau of Standards*, vol. VIII, nº 4; 1911. — Pérard, *Comptes rendus*, t. 154, 24 juin 1912.

(³) Fabry et Pérot, *Annales de Chimie et de Physique*, 7ᵉ série, t. XXV, janvier 1902.

(⁴) *Astrophysical Journal*, vol. X, 1899, p. 73.

(⁵) Perot et Fabry, *Annales de Chimie et de Physique*, 7ᵉ série, t. XVI, mars 1899.

le rapport des deux épaisseurs est très peu différent de 4, la comparaison est faite directement, en inclinant l'un des étalons jusqu'à amener la frange centrale blanche sur la normale à l'autre. Connaissant l'épaisseur exacte de l'étalon de 25^{mm} et mesurant l'angle d'inclinaison, on obtient l'épaisseur de l'étalon de 100^{mm} avec une approximation d'une petite fraction de micron. Les interférences produites par les radiations verte et bleue du cadmium ne sont pas utilisables avec cet étalon, mais les anneaux de la radiation rouge sont encore bien nets (numéro d'ordre 310900); l'ordre d'interférence peut être calculé en utilisant l'épaisseur approchée qu'on vient d'obtenir, mais avec une approximation qui n'est pas tout à fait suffisante pour fixer avec une pleine certitude le numéro d'un anneau. Utilisant alors les raies du krypton dont les longueurs d'onde viennent d'être déterminées, on peut avoir l'ordre d'interférence avec certitude, et par suite connaître l'épaisseur exacte. La comparaison des ordres d'interférence observés avec le cadmium et avec le krypton donne alors, avec un haut degré de précision, les longueurs d'onde des lignes du krypton. L'influence des changements de phase introduits par réflexion sur l'argent s'élimine en combinant les mesures faites sur les grandes épaisseurs avec celles faites sur les petites.

Les valeurs définitives des longueurs d'onde des lignes du krypton dans l'air à 15° et pression normale, rapportées à la longueur d'onde de la raie rouge du cadmium donnée par Benoît, Fabry et Perot, sont :

5570,2908
5870,9172

avec une approximation de quelques unités sur le dernier chiffre.

Le tube à krypton a l'avantage de fonctionner sans chauffage; les deux raies peuvent être séparées sans appareil dispersif par l'emploi de cuves absorbantes (chlorure de didyme pour absorber la raie jaune; éosine pour absorber la verte). Les deux raies sont dans une région du spectre très favorable aux observations visuelles, et sont, à ce point de vue, supérieures à la raie rouge du cadmium. A peu de distance de la raie verte se trouve une raie plus faible ($\lambda = 5563$), qu'on peut séparer par dispersion, mais qui est assez faible pour n'être pas gênante.

OPTIQUE. — *Séparation des effets lumineux et calorifiques produits par une source de lumière.* Note de M. **Dussaud**, transmise par M. Branly.

Chacun sait que la lumière des sources lumineuses est malheureusement accompagnée d'une énorme quantité de chaleur, à la fois coûteuse et gênante. Cette chaleur est absorbée en très notable proportion par les substances transparentes des systèmes optiques de concentration, dans tous les appareils d'optique; c'est à la fois un avantage et un inconvénient. C'est un avantage dans les premiers instants d'un éclairement, car, si la matière du système condensateur laissait passer la chaleur aussi facilement que la lumière, l'objet sur lequel se ferait la concentration, cliché par exemple, serait presque instantanément brûlé; c'est, d'autre part, un inconvénient, après les premiers instants de l'éclairement, car la matière absorbante peut éclater par son propre échauffement et son rayonnement calorifique propre devient à son tour dangereux.

Je suis parvenu à supprimer l'inconvénient en conservant l'avantage, et la suppression de l'inconvénient a exalté l'avantage.

La source, arc électrique si l'on veut, est fixe. J'emploie pour la concentration un groupe de systèmes optiques qui se succèdent automatiquement, en prenant exactement une même place fixée par un réglage. Chacun d'eux ne travaille que pendant un temps assez réduit pour ne s'échauffer que très peu. Par son déplacement, il se refroidit complètement pendant l'intervalle où il reste inactif. La diminution considérable de l'échauffement d'un condensateur permet de le disposer à une distance de la source beaucoup plus faible qu'à l'ordinaire. En rendant la distance focale deux fois plus courte, je parviens à faire usage de sources lumineuses moins étendues et parfois dix fois moins coûteuses.

J'ajoute que l'arc est emprisonné entre un condensateur optique à l'avant et un miroir concave à l'arrière; tous les deux sont mobiles, tous les deux sont à foyer deux fois plus court que les foyers habituels. La lumière utilisée est aussi peu chaude que cela est nécessaire et le peu de chaleur qui est communiqué au système optique est dispersé pendant son déplacement dans le milieu environnant, en dehors de l'objet éclairé.

Ma lumière, rendue pratiquement froide par la séparation de l'effet lumineux et de l'effet calorifique, apporte une grande simplification à de nombreux modes d'éclairage : projections, phares, cinématographes (clichés en celluloïd), microscopes (projection des préparations microscopiques les plus délicates), télégraphie optique.

J'ai appliqué ma méthode à des sources chaudes, riches en rayons ultraviolets, avec des systèmes optiques transparents pour l'ultraviolet.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Cinématographie des cordes vocales et de leurs annexes laryngiennes.* Note (¹) de Mlle L. CHEVROTON et M. F. VLÈS, présentée par M. d'Arsonval.

A la demande du Dr Marage nous avons entrepris, dans le laboratoire du professeur François-Franck, au Collège de France, une série d'expériences cinématographiques sur les mouvements des cordes vocales et de leurs annexes laryngiennes chez l'homme.

Nous avons pu fixer une technique qui nous fournit des films d'images laryngiennes correctes et permettant, dès maintenant, soit de reconstituer à la projection les diverses phases des principaux mouvements glottiques, soit d'effectuer des mesures, jusqu'ici à peu près inabordables, sur les variations des éléments laryngiens.

Le sujet étudié dans nos expériences a été Mme Marage elle-même, qui a bien voulu se prêter avec une patience inépuisable à des explorations parfois pénibles, et dont la collaboration nous a été des plus précieuses.

Historique. — La cinématographie laryngienne chez l'Homme n'a jamais été réussie à notre connaissance, ni même scientifiquement abordée. Par contre, des essais de photographie de la glotte en position fixe ont été faits par de nombreux auteurs (Czermack, Stein, French, Wagner, Brown, Blucke, J. Cadett, Garel); il ne paraît pas cependant que leurs résultats soient décisifs, et la plupart des photographies, à l'exception toutefois des stéréogrammes de Garel, semblent assez défectueuses.

Le problème était donc loin d'être entièrement résolu, même au point de vue photographique, quand nous l'avons abordé.

Technique. — La technique que nous avons employée est très simple (*fig.* 1). Au devant de l'objectif on dispose deux prismes isoscèles rectangles PP', accolés par leurs hypoténuses, et formant un ensemble analogue au *cube* de Lummer et Brodhun. Cet appareil permet, par une manœuvre facile à concevoir, de centrer sur l'axe optique de l'objectif un fort faisceau de lumière issu d'un arc A, et envoyé latéralement aux prismes par une lentille condensatrice L. Du fait de cette liaison invariable entre le faisceau d'éclairement et le faisceau d'utilisation qui sont confondus, la manœuvre du miroir laryngoscopique est particulièrement facilitée; l'opérateur qui le conduit n'a plus qu'à rectifier la position de ce miroir par rapport au champ photographique, ce qu'il fait en suivant sur le film même, pendant toute la durée des prises de vues (grâce à un prisme à réflexion totale *p* placé en arrière du film) (²), la formation des images laryngiennes.

(¹) Présentée dans la séance du 10 mars 1913.

(²) L. CHEVROTON, *Comptes rendus Soc. Biol.*, 27 février 1909.

Le sujet émettait la voyelle *e* sur des notes variées, principalement en *voix de tête*, et pouvant aller jusqu'aux limites extrêmes de son registre, avec des intervalles d'inspiration.

Résultats. — Les mesures ne sont encore qu'à leur début et nous ne pouvons qu'indiquer d'une façon purement préliminaire les résultats de nos premières recherches; nous n'avons abordé, pour le moment, que les rapports entre le repos et l'émission (*fig.* 2).

1° Les dimensions apparentes de la plupart des éléments laryngiens subissent, en passant de la respiration à la phonation, dans les conditions indiquées plus haut, une

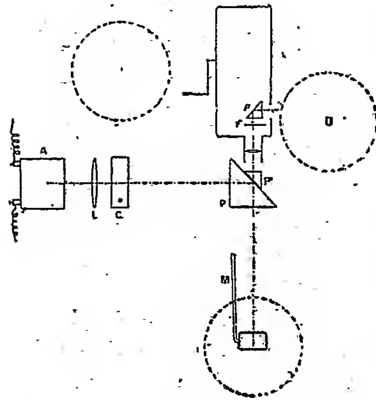

Fig. 1.


Fig. 2.

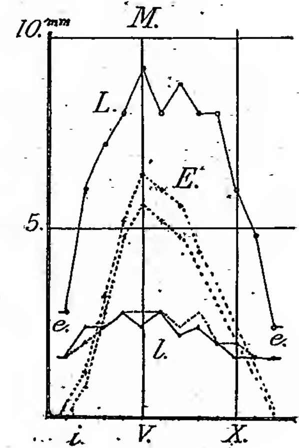


Fig. 3.

Fig. 1. — Schéma du dispositif en projection horizontale.

A, arc de 40 ampères sur 65 volts; L, lentille condensatrice; C, cuve à eau; P, P', prismes; S, sujet; M, miroir laryngoscopique; *f*, film; *p*, prisme d'observation; I et II, opérateurs. — Objectif Tessar Zeiss 75mm, *f* : 3,5.

Fig. 2. — Deux images du film.

Cordes vocales à l'émission (en haut) et à l'inspiration (en bas).

Fig. 3. — Variations des éléments laryngiens : courbes correspondant au tableau.

Abscisses : images successives. Ordonnées : dimensions en millimètres.

réduction notable. Le sens du phénomène est connu qualitativement depuis longtemps. Les mesures effectuées sur la longueur apparente des cordes vocales ont actuellement peu d'intérêt en elles-mêmes, du fait que nous ignorons encore la part exacte, dans leur raccourcissement, due au masquage des cordes par d'autres éléments (épiglotte, bord aryténoïdien), par une contraction générale des régions laryngiennes supérieures, ou par des basculements cricoïdiens; les mesures de largeur des cordes qui sont indépendantes de ces causes d'erreur, ont par contre un bien plus grand intérêt. — D'une manière sensiblement générale, le maximum de largeur des cordes coïncide avec leur maximum de longueur apparente, leurs phases de repos et de plus grand écartement (inspiration); au point de vue des images, avec leur maximum de netteté.

Inversement, le minimum de largeur des cordes coïncide avec leur minimum de longueur apparente, leurs phases d'émission, et par conséquent de jonction, et leur minimum de netteté (dû visiblement aux vibrations rapides dont elles sont le siège).

Variations des éléments laryngiens pendant une série de 12 images successives (fig. 3).

Phases.	Dimensions transversales maxima des deux cordes (l).		Longueur *apparente* des cordes (L).	Écart des cordes à leurs deux extrémités *apparentes* (E). Extrémité aryté-noïdienne.	Extrémité épiglot-tique.
	mm	mm	mm	mm	
Émission (e).........	1,6	1,6	2,8	<0,4	0
Début d'inspiration....	2,4	2,0	6,0	1,2	0,8
	2,4	2,4	7,2	3,2	2,8
	2,8	2,8	8,0	5,2	4,8
Maximum (M)........	2,4	2,8	9,2	6,4	5,6
	2,8	2,8	8,0	6,0	5,2
	2,2	2,4	8,8	5,6	4,8
	2,4	2,8	8,0	4,4	»
	2,0	2,0	8,0	»	»
	1,6	2,0	6,0	»	»
Fin de l'inspiration....	1,6	1,6	4,8	»	»
Émission.............	1,6	1,6	2,4	0	0

Les sons émis, ayant atteint par instants les notes les plus aiguës du registre du sujet, les Tableaux ci-dessus nous donnent un ordre de grandeur pour les limites de variations physiologiques de la largeur des cordes dans le cas étudié (soprano) :

Limite supérieure.......................... $3^{mm},2$
Limite inférieure.......................... $1^{mm},6$

ou même $1^{mm},4$ dans les lignes nodales.

2° A chaque modification brusque et profonde de régime (passage de l'inspiration à la phonation et réciproquement, coups de glotte) les cordes paraissent être le siège de transformations ondulatoires de grande amplitude et de faible durée amenant la production de ventres (4, 3 ou 2) et se traduisant par la production d'images multiples de la source. Il s'agit vraisemblablement d'un dischronisme entre les divers muscles pendant la modification de régime, aboutissant, soit du fait des secousses musculaires elles-mêmes, soit du fait des variations de force vive imposées à la colonne d'air, à des ébranlements sur les cordes insuffisamment tendues entre leurs insertions. Le phénomène affectait une seule corde, sans spécificité d'un côté donné, et durait un temps très court, de 0,1 à 0,8 seconde.

Il est vraisemblable que l'application de notre technique pourra conduire à des résultats intéressants pour la physiologie et la pathologie laryngiennes (décomposition des vibrations des cordes, formation des voyelles laryngiennes, arythmies diverses, etc.).

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la formation de la graisse aux dépens des matières albuminoïdes dans l'organisme animal.* Note de M. **G. Lafon**, transmise par M. A. Chauveau.

La plupart des physiologistes admettent actuellement que les divers principes immédiats alimentaires : matières grasses, principes albuminoïdes, hydrates de carbone, peuvent donner de la graisse au sein de l'organisme et accroître les réserves adipeuses lorsqu'ils sont donnés en excès dans l'alimentation.

En ce qui concerne l'albumine, sa transformation en graisse est considérée comme résultant soit d'un dédoublement (Gautier), soit d'une oxydation (Chauveau).

Cette dernière opinion est appuyée sur l'observation de l'accroissement de la quantité d'oxygène consommé, par rapport à la consommation du jeûne, chez l'animal recevant des aliments azotés (A. Chauveau, *Comptes rendus*, 4 février 1907, p. 237).

La formation de graisse aux dépens de l'albumine semble avoir été démontrée notamment par Kaufmann (*Arch. de Physiol.*, 1896, p. 341 et 767), d'après lequel l'oxygène consommé, le CO^2 produit et la chaleur dégagée, mesurée au calorimètre, chez un chien recevant une forte ration de viande, sont inférieurs aux valeurs calculées à partir de l'albumine détruite, évaluée d'après l'azote total urinaire éliminé dans le même temps. La différence serait due à la formation de la graisse.

Mais les expériences de M. Kaufmann n'ont duré que 5 heures.

D'autre part, ces expériences ne mettent pas en évidence l'augmentation de la consommation d'oxygène sous l'influence des aliments azotés, et l'on conçoit que cette augmentation influe considérablement sur le rendement de ces aliments en graisse.

C'est peut-être là qu'il faut voir l'explication des résultats de Kumagawa (*Maly's Iahresb.*, t. 24, 1895, p. 41), qui est allé jusqu'à nier complètement la participation de l'albumine à la formation de la graisse, et de Erwin Voit (*Münch. med. Woch.*, n° 26, 1892) qui, ayant refait les anciennes expériences de Pettenkofer et C. Voit, conclut que si l'albumine concourt à la formation de la graisse, sa participation est beaucoup moindre qu'on ne l'avait pensé tout d'abord.

Ce sont les conditions de cette mise en réserve de graisse que nous avons cherché à préciser. Nos expériences ont porté sur un chien de 10^{kg} recevant une ration quotidienne de 1200^{g} de viande, sur lequel nous avons déter-

miné, pendant deux périodes de 7 jours chacune, l'azote total urinaire et les échanges respiratoires des 24 heures.

Nous nous étions assuré, par une expérience préalable, que l'équilibre nutritif était obtenu chez cet animal avec une ration de 700^g de viande.

Or, avec la ration de 1200^g de viande, il y a eu sensiblement égalité entre l'oxygène consommé et le CO^2 produit et leurs valeurs théoriques calculées à partir de l'albumine détruite.

Ration.	Albumine dépensée en 24 heures.	O^2 consommé.	CO^2 produit.
1200^g de viande	190^g,625	206^l,070	172^l,330
Combustion directe de 190^g,625 d'albumine		202^l,607	165^l,462

Ce résultat nous paraît tenir aux transformations intra-organiques de l'albumine et à la dépense supplémentaire liée à ces transformations.

Si l'on admet, en effet, avec M. Chauveau, que l'albumine n'est apte à alimenter le travail physiologique des tissus que sous forme de glucose et que dans cette transformation le rendement est de 80 pour 100, il y a lieu de remarquer que les 190^g,625 d'albumine dépensés pouvaient donner 152^g,50 de glucose, correspondant à 563^{cal},250. Or cette énergie représente précisément la dépense de l'animal à jeun.

O^2 consommé en 24^h chez l'animal à jeun	122^l,600
Énergie correspondante	563^{cal},960 (1)
Énergie produite par la combustion de 152^g,50 de glucose	563^{cal},250 (1)

Pour obtenir une mise en réserve de graisse aux dépens de l'albumine, il faudrait, sans doute, que l'énergie utile représentée par le glucose formé fût supérieure à l'énergie nécessaire à l'entretien du travail physiologique. Or les résultats expérimentaux, que nous ne pouvons pas rapporter ici en détail, nous montrent que la dépense liée au travail physiologique augmente elle-même avec la richesse de l'alimentation en matières azotées, ce qui diminue encore la valeur de l'albumine comme source de réserves adipeuses.

On voit ainsi que *la formation de la graisse aux dépens des matières albuminoïdes, si elle est théoriquement possible, est une opération physiologique-*

(1) En admettant que le coefficient thermique de l'oxygène chez l'animal à jeun est de 4^{Cal},6 et que la chaleur de combustion du glucose est de 3^{Cal},692.

ment très onéreuse à cause des transformations intra-organiques de l'albumine et de la perte corrélative d'énergie qui en résulte.

Cette conclusion serait encore vraie si l'albumine se transformait directement en graisse, et dans ce cas, on ne peut admettre qu'une transformation par oxydation qui rende compte de l'excès d'oxygène consommé, au lieu de se transformer en glucose, mais le bilan des échanges nutritifs s'accorde moins bien avec cette hypothèse qu'avec celle de la formation du glucose.

Il s'ensuit que l'organisme ne tire parti que d'une portion relativement restreinte de l'énergie potentielle de l'albumine dépensée et que la valeur nutritive de l'albumine, considérée comme aliment de l'énergie, doit se mesurer, non à la totalité de l'énergie potentielle qu'elle renferme, mais seulement à l'énergie représentée par le glucose qui en dérive, conformément à la théorie de l'équivalence isoglycosique des principes alimentaires soutenue par M. Chauveau.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Conditions de respirabilité des particules virulentes obtenues par la pulvérisation liquide.* Note de M. **P. Chaussé**, présentée par M. Roux.

Dans la tuberculose nous entendons par *respirabilité* la possibilité, pour les particules, de pénétrer dans les régions les plus profondes de l'appareil respiratoire, c'est-à-dire dans les divisions bronchiques terminales non ciliées, ou les alvéoles. Il y a, pour nous, diverses raisons de croire que tous les bacilles qui se déposent sur l'épithélium vibratile sont balayés vers l'extérieur et ne peuvent être pathogènes; au contraire, lorsque l'agent se fixe sur le revêtement non cilié, il y séjourne et exerce une action toxique locale qui est le début de l'inflammation caséeuse. Les particules respirables sont donc celles qui sont pathogènes par inhalation.

La respirabilité dépend de conditions purement physiques; elle est sans rapports avec la résistance de l'individu ou de l'espèce. Durant leur transport dans les voies aériennes, à une vitesse d'environ 3^m par seconde, les particules seront arrêtées par diverses causes si elles ne satisfont à certaines conditions de légèreté et si elles dépassent la dimension des derniers segments bronchiques. Quelques expériences nous ont permis d'apprécier approximativement les conditions de respirabilité des particules.

Première méthode. — Cette méthode consiste à étudier comment se comportent les particules envoyées par un courant aérien dans un tube droit ou présentant des

coudures multiples analogues à celles qui existent dans les voies respiratoires; en faisant varier les conditions expérimentales, il nous a été possible de faire les constatations suivantes :

1° Durant leur transport, les particules les plus volumineuses se déposent sur la face inférieure du tube sous l'action de la pesanteur;

2° Les particules de $50^{\mu\mu}$ sont transportables par un courant d'air de 20^{cm} par seconde; celles de $30^{\mu\mu}$ par un courant de 10^{cm}; les particules très fines ($2^{\mu\mu}$ à $15^{\mu\mu}$ environ) par des déplacements d'air insignifiants dont la détermination précise n'a pas d'intérêt pratique;

3° Les particules très fines *se réfléchissent* sur les obstacles rencontrés, tant que la vitesse de translation est inférieure à 15^{m} environ par seconde; il y a à cela des raisons mathématiques sur lesquelles il est inutile d'insister;

4° L'élimination des grosses et moyennes particules (au-dessus de $30^{\mu\mu}$) est d'autant plus certaine que la vitesse de transport est plus grande et que les coudes du conduit sont plus nombreux; si cette vitesse diminue, une autre cause d'arrêt intervient plus efficacement : la pesanteur;

5° Si l'on interpose dans le tube un réticulum très lâche, en coton, réalisant un peu la disposition des vibrisses nasales, on réduit fortement le débit par la fixation des plus grosses gouttelettes;

6° Les particules de $2^{\mu\mu}$ à $25^{\mu\mu}$ environ sont susceptibles de parcourir, avec une vitesse de $2^{m},50$, un tube ayant une dizaine de coudures de 60°, ce qui est à peu près le cas pour les voies respiratoires. *Nous en déduisons qu'elles peuvent être inhalées; mais les plus volumineuses d'entre elles ont de faibles chances de parvenir aux alvéoles, en raison de leurs dimensions.*

Deuxième méthode. — Dans notre première Note sur la pulvérisation liquide (voir *Comptes rendus*, 24 février 1913), nous avons vu que les particules de $2^{\mu\mu}$ à $15^{\mu\mu}$ sont les seules qui, projetées par l'appareil pulvérisant avec une grande vitesse initiale, dépassent la distance de $2^{m},50$; quand on fait une pulvérisation de virus tuberculeux en dilution liquide, cette constatation permet donc de soumettre un lot de cobayes à l'inhalation des fines gouttelettes et un autre à l'inhalation de l'ensemble des particules. Le dénombrement des lésions produites, chez les uns et chez les autres, après un délai de 30 jours, renseignera sur la respirabilité des particules en chaque point. Il faut cependant que le local soit assez petit (13^{m^3}) pour que la réflexion des vagues aériennes, sur les parois, réalise une répartition à peu près uniforme de toutes les fines particules.

Dans ces conditions, on constate que l'infection obtenue est sensiblement identique chez les deux lots d'animaux. Il faut en déduire que les particules de $2^{\mu\mu}$ à $15^{\mu\mu}$ environ sont les seules respirables.

Troisième méthode. — Nos précédentes recherches nous ont également montré la possibilité de séparer les particules liquides d'après leur temps de suspension. Si, par conséquent, nous avons dans notre salle d'expériences, où nous allons pulvériser du virus tuberculeux, un lot de cobayes exposé à l'inhalation de toutes les gouttelettes, et plusieurs autres lots de cobayes placés dans des caisses métalliques étanches et

ouvrables de l'extérieur à un délai déterminé après la pulvérisation, nous pourrons comparer chez les uns et chez les autres l'infection obtenue et en tirer des conclusions relatives à la respirabilité des gouttelettes.

En opérant ainsi, nous obtenons une infection à peu près égale chez les animaux recevant la totalité des particules et chez ceux qui sont exposés 5 minutes après la pulvérisation liquide virulente; or, la quantité de bacilles reçue par ces derniers est 500 fois moindre.

Nous devons en conclure à nouveau que, seules, les particules pouvant rester suspendues quelques minutes sont respirables.

Conclusions. — Ces diverses méthodes concourent à nous démontrer que, seules, les particules très fines ($2^{\mu\mu}$ à $15^{\mu\mu}$ environ) sont pathogènes par inhalation. Mais il s'agit là, incontestablement, de particules instantanément desséchées; c'est ce qui nous explique à la fois leur transportabilité très grande, leur temps de suspension prolongé et leur respirabilité, toutes propriétés qui sont étroitement solidaires et se ramènent, en réalité, à une seule. Les particules dont il s'agit sont tellement légères, en partie par suite de leur dessiccation, qu'elles obéissent à la moindre force aérienne et suivent la colonne d'air dans les voies respiratoires en se réfléchissant à tous les changements de direction; elles font, en quelque sorte, partie intégrante de l'air inspiré.

Par conséquent, *lorsque l'on fait de l'inhalation expérimentale de virus tuberculeux liquide, l'infection a lieu réellement par des particules sèches.*

De ceci nous pouvons conclure que *la théorie de la contagion tuberculeuse par les particules liquides ne peut être exacte pour les gouttelettes et les vésicules, lesquelles, selon les élèves de Flügge, ne sont projetées qu'à 1^m ou $1^m,50$ du malade en raison de leur poids; cette thèse pourra être admise sous une autre forme si l'on démontre que le tuberculeux émet des particules liquides assez fines pour se dessécher instantanément et rester suspendues dans l'air.*

Quelques autres expériences nous ont indiqué, d'autre part, que les conditions de respirabilité sont les mêmes dans les diverses espèces et que la quantité inhalée est proportionnelle à la capacité respiratoire.

En ce qui concerne les virus, dont l'action pathogène n'est pas aussi étroitement liée à leur accession à l'alvéole pulmonaire, ou aux ramifications bronchiques immédiatement voisines, les conditions de respirabilité sont évidemment beaucoup plus larges.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La réversibilité des actions fermentaires : Émulsine et méthylglucoside* β. Note de MM. **Em. Bourquelot** et **Em. Verdon.**

La doctrine de la réversibilité des actions fermentaires n'a été étudiée jusqu'ici avec précision que dans l'action de l'émulsine des amandes sur le glucose *d* en solution dans l'alcool éthylique et sur l'éthylglucoside β en solution dans le même alcool.

Il a été démontré :

I. Que l'émulsine peut déterminer l'union du glucose avec l'alcool pour former l'éthylglucoside β et hydrolyser cet éthylglucoside en ses deux composants : glucose et alcool éthylique ([1]).

II. Que si l'on fait agir séparément, dans de l'alcool éthylique de même titre, de l'émulsine sur du glucose *d*, d'une part, et sur de l'éthylglucoside β, d'autre part, le glucose libre, dans le premier cas, et le glucose combiné, dans le second, étant en quantités égales, les deux réactions (synthétisante et hydrolysante) s'arrêtent alors que la composition des deux solutions est devenue identique, c'est-à-dire alors qu'elles renferment les mêmes proportions de glucose et d'éthylglucoside β ([2]).

III. Que si, dans les expériences précédentes (II), on fait varier les proportions d'émulsine ajoutée aux solutions, cela ne change rien à la composition que présenteront les solutions au moment de l'arrêt des réactions. On atteint le même état d'équilibre qui ne dépend, dans des alcools de même titre, que des proportions de glucose et d'éthylglucoside β en présence ([3]).

Ces résultats ne peuvent se concevoir qu'en admettant qu'un seul ferment intervient dans les réactions et que l'action de ce ferment est réversible.

Il nous a paru qu'il ne serait pas sans intérêt, ne fût-ce que pour s'assurer que ces conclusions sont générales, de soumettre aux mêmes recherches l'action de l'émulsine sur un autre alcoolglucoside β, le méthylglucoside β, par exemple.

([1]) Em. Bourquelot et M. Bridel, *Comptes rendus*, séances du 20 mai 1912, p. 1375 et du 17 juin 1912, p. 737.

([2]) Em. Bourquelot et M. Bridel, *Comptes rendus*, séance du 22 juillet 1912, p. 319.

([3]) Em. Bourquelot et J. Coirre, *Comptes rendus*, séance du 24 février 1913, p. 643.

Dans une première série d'expériences, on a institué les essais suivants d'hydrolyse et de synthèse dans des alcools méthyliques à 40 et 80 pour 100 en poids.

A_1. — *Hydrolyse.*

Méthylglucoside β	0g,5440
Alc. méthylique à 40 p. 100, q. s. pour	50cm³

A_2. — *Synthèse.*

Glucose	0g,5047
Alc. méthylique à 40 p. 100, q. s. pour	50cm³

B_1. — *Hydrolyse.*

Méthylglucoside β	0g,5397
Alc. méthylique à 80 p. 100, q. s. pour	50cm³

B_2. — *Synthèse.*

Glucose	0g,5007
Alc. méthylique à 80 p. 100, q. s. pour	50cm³

Les proportions de glucose de A_2 et de B_2 sont, comme on le voit, égales à celles qui entrent dans la composition du méthylglucoside β en A_1 et B_1.

On a pris la rotation initiale des solutions ($l = 2$), puis on a ajouté, à chacune d'elles, 0g,30 d'émulsine et on les a abandonnées à la température du laboratoire (+16° à +19°), jusqu'à l'arrêt de la réaction. Voici les résultats de ces essais :

	Rotation initiale.	Rotation à l'arrêt.	Sucre réducteur à l'arrêt.	Durée de la réaction.
A_1	−42′	− 6′	0g,194	8 à 12 jours
A_2	+64	− 6	0,194	12 à 16 »
B_1	−46	−34	0,0535	4 à 8 »
B_2	+70	−34	0,0545	20 à 24 »

Ainsi donc, comme dans les expériences effectuées avec l'alcool éthylique, pour les alcools méthyliques de même titre, si l'on emploie des quantités correspondantes de glucose et de méthylglucoside β, la synthèse et l'hydrolyse atteignent, avec l'émulsine, le même état d'équilibre.

Pour étudier ces processus en faisant varier les proportions d'émulsine, on a opéré sur des alcools méthyliques de différents titres (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 et 95 pour 100, en poids) renfermant, pour 100cm³, 1g de glucose *d*.

Avec chacune de ces solutions, ont été faits trois essais dans lesquels, la quantité de solution étant de 100cm³, on a employé 0g,20, 0g,40 et 0g,60 d'émulsine; soit trente essais qui ont été abandonnés à la température du laboratoire (16° à 20°).

La rotation a été prise tous les quatre jours, jusqu'à l'arrêt de la réaction, arrêt constaté par l'égalité de deux rotations observées successivement. Le sucre réducteur n'a été dosé qu'après l'arrêt ainsi constaté.

Dans le Tableau suivant sont rassemblés les principaux résultats de ces essais :

	Émulsine : 0g,20.		Émulsine : 0g,40.		Émulsine : 0g,60.	
Titre de l'alcool.	Rotation finale.	Sucre réducteur.	Rotation finale.	Sucre réducteur.	Rotation finale.	Sucre réducteur.
10.......	+42'	0g,803	+42'	0g,792	+42'	0g,839
20.......	+28	0,634	+26	0,638	+26	0,638
30.......	+14	0,504	+10	0,504	+10	0,517
40.......	− 4	0,401	− 2	0,392	− 2	0,394
50.......	− 8	0,319	−10	0,311	−10	0,311
60.......	−16	0,248	−16	0,243	−16	0,241
70.......	−24	0,174	−24	0,174	−22	0,174
80.......	−32	0,120	−32	0,117	−32	0,120
90.......	−38	0,087	−40	0,602	−40	0,061
95 (1)....	−22	»	−42	0,046	−40	0,057

Ces expériences démontrent donc que non seulement la proportion de méthylglucoside formé croît avec le titre de l'alcool méthylique, mais encore que l'augmentation de la quantité d'émulsine est sans influence sur la limite à laquelle on aboutit avec un alcool méthylique de titre déterminé.

Ce qui varie, c'est le temps de la réaction, qui est d'autant plus court que la proportion d'émulsine est plus forte. A cette variation se rattachent d'ailleurs d'autres questions qui seront examinées dans un autre Recueil, en même temps que la variation elle-même.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Recherches sur les composés phosphorés formés par l'*Amylomyces Rouxii. Note (2) de M. **R. Goupil**, présentée par M. Roux.

On peut extraire de l'*Amylomyces Rouxii*, du phosphore combiné sous trois états différents : deux formes organiques nettement distinctes l'une de l'autre et une forme minérale (orthophosphates).

Les composés organiques apparaissent comme des constituants normaux du tissu de l'être vivant, leur élaboration correspond à la période d'activité du végétal; les phosphates minéraux, au contraire, résultent de la dégra-

(1) L'action qui se poursuit depuis 4 mois pour les deux premiers essais et depuis 2 mois pour le troisième ne paraît pas encore terminée.

(2) Présentée dans la séance du 17 mars 1913.

dation du phosphore organique pendant le vieillissement de la mucorinée.

Les deux formes organiques se différencient entre elles par leur mode d'extraction, l'une étant soluble dans l'éther, l'autre ne se dissolvant que dans les alcalis.

a. Forme soluble dans l'éther. — On la sépare du végétal en traitant le mycélium, broyé et desséché, par l'éther anhydre, dans un appareil Soxhlet. L'extractif ainsi obtenu ne renferme pas que la combinaison phosphorée, il se dissout en même temps des matières grasses dont la proportion augmente rapidement avec le développement de la mucorinée; on peut, en traitant par l'alcool, séparer la majeure partie des glycérides; la partie soluble donne les réactions attribuées à la lécithine d'œuf.

Ce composé phosphoré est bien de nature organique, l'extractif convenablement purifié ne renferme pas de phosphates minéraux dissous ou en suspension dans la masse.

De plus, dans les conditions de vie où se trouve placé l'*Amylomyces*, c'est-à-dire en milieu aqueux, il est impossible d'admettre la présence de métaphosphates alcalins (¹); ces sels instables, produits de déshydratation et de calcination, ne pourraient prendre naissance, ni se maintenir dans de pareilles conditions; par contre, l'alcoolyse méthylique (²) en milieu chlorhydrique libère, de l'extractif éthéré, une combinaison organique du phosphore, ou celui-ci n'apparaît aux réactifs qu'après destruction de la molécule par l'acide nitrique fumant.

L'alcoolyse est pratiquée comme l'indique son auteur, jusqu'à l'éthérification méthylique des acides gras; on traite ensuite par le carbonate de chaux, pour détruire l'acide en excès, puis on ajoute de l'eau de chaux jusqu'à légère réaction alcaline; il se forme un précipité qu'on sépare. Après lavage à l'alcool pour enlever la glycérine et autres produits solubles; on dessèche dans le vide. On obtient une matière blanche, soluble dans l'eau, possédant les propriétés du glycérophosphate de chaux.

La nature du milieu n'influence pas sensiblement le rendement en phosphore combiné; les cultures sur eau de levure et peptone ont fourni des extractifs dont la teneur en P^2O^5 varie entre 1,5 et 2 pour 100. Le liquide de Raulin neutralisé, un peu moins favorable à l'*Amylomyces* que les précédents milieux, a cependant donné des rendements un peu plus élevés, variant entre 2,2 et 2,9 pour 100.

Si l'on calcule en lécithine (supposée stéarique), la combinaison phosphorée peut représenter 32 pour 100 de l'extractif éthéré et environ 3 pour 100 du poids de la plante sèche.

Le dosage du phosphore est pratiqué, dans tous ces essais, par fusion de la matière avec un mélange oxydant de NO^3K et KOH dans une cap-

(¹) Barbieri, *Sur la non-existence des lécithines libres ou combinées dans le jaune d'œuf et dans les structures biologiques* (*Comptes rendus*, 22 juillet 1912).

(²) Haller, *Comptes rendus*, 1906.

sule d'argent; on précipite par la liqueur molybdique [1] et l'on pèse à l'état de $P^2O^7Mg^2$.

b. Forme soluble dans les alcalis. — On peut encore isoler du végétal, après traitement à l'éther, une autre combinaison organique phosphorée; on l'obtient de la façon suivante : 20g environ de mycélium, ayant déjà subi l'épuisement éthéré, sont traités par 20^{cm^3} de NaOH à 36° Bé, on malaxe 15 minutes, on ajoute 10^{cm^3} d'eau et 10^{cm^3} de chlorure ferrique à 10 pour 100; après agitation on égoutte sur une toile et l'on exprime par torsion; le liquide filtré est mélangé à un égal volume d'alcool à 85°; on neutralise par HCl dilué jusqu'à réaction acide, il se forme un précipité qu'on sépare et qu'on purifie par dissolutions répétées dans la soude, suivies de précipitations par l'alcool chlorhydrique. Après lavage à l'eau distillée, on dessèche à 80°. Le composé obtenu est blanc, insoluble dans l'eau, l'éther, l'alcool, les acides, mais se dissout facilement dans les alcalis. Ce corps ne renferme pas de phosphates minéraux libres, et ne précipite par la liqueur molybdique qu'après destruction par NO^3H fumant; traité à chaud par la phloroglucine en milieu chlorhydrique on voit apparaître la coloration rouge intense attribuée aux acides nucléiques, dont ce corps possède toutes les propriétés, enfin la teneur en phosphore varie entre 8 et 9 pour 100, ce qui établit une nouvelle concordance avec les acides nucléiques des nucléoprotéides.

L'évolution du phosphore lécithiné est liée à la formation du phosphore nucléique; cette première forme semble servir à édifier la seconde, de structure plus complexe. La disparition des lécithines correspond à une teneur maximum en phosphore total; c'est la période du plus grand développement du végétal.

	Poids de plantes sèches (pour 10^l).	P^2O^5 calculé en lécithine stéarique pour 100 de végétal.	P^2O^5 total pour 100 de végétal.
Après 5 jours	6g,9	1,432	4,41
» 15 jours	10,0	2,227	6,10
» 1 mois	12,1	2,944	7,25
» 3 mois	13,6	0,851	10,60
» 4 mois	13,1	traces	10,40

Avec le temps, le phosphore nucléique est lentement désassimilé par la plante; il fait retour au milieu de culture sous la forme minérale, directement dosable :

---

(1) D'après Woy, *Ch. Ztg.*, t. XXI. 1897.

	P^2O^5 de la culture (pour 5¹).	Poids de plante récoltée.	P^2O^5 total de la plante.	P^2O^5 minéral.	P^2O^5 organique (par différence).
Initial	2,085	»	»	»	»
Après 2 mois...	1,411	6,3	0,662	0,050	0,612
» 8 mois...	1,728	6,0	0,348	0,100	0,248
» 10 mois...	1,810	5,9	0,260	0,094	0,166

On a vu qu'à côté des composés phosphorés élaborés par la moisissure, l'extractif contient aussi des glycérides; nous en étudierons l'évolution dans une Note ultérieure.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *A propos de la sécrétine (Bayliss et Starling) et de la vaso-dilatine (Popielski).* Note de MM. **L. Launoy** et **R. Oechslin**, présentée par M. Roux.

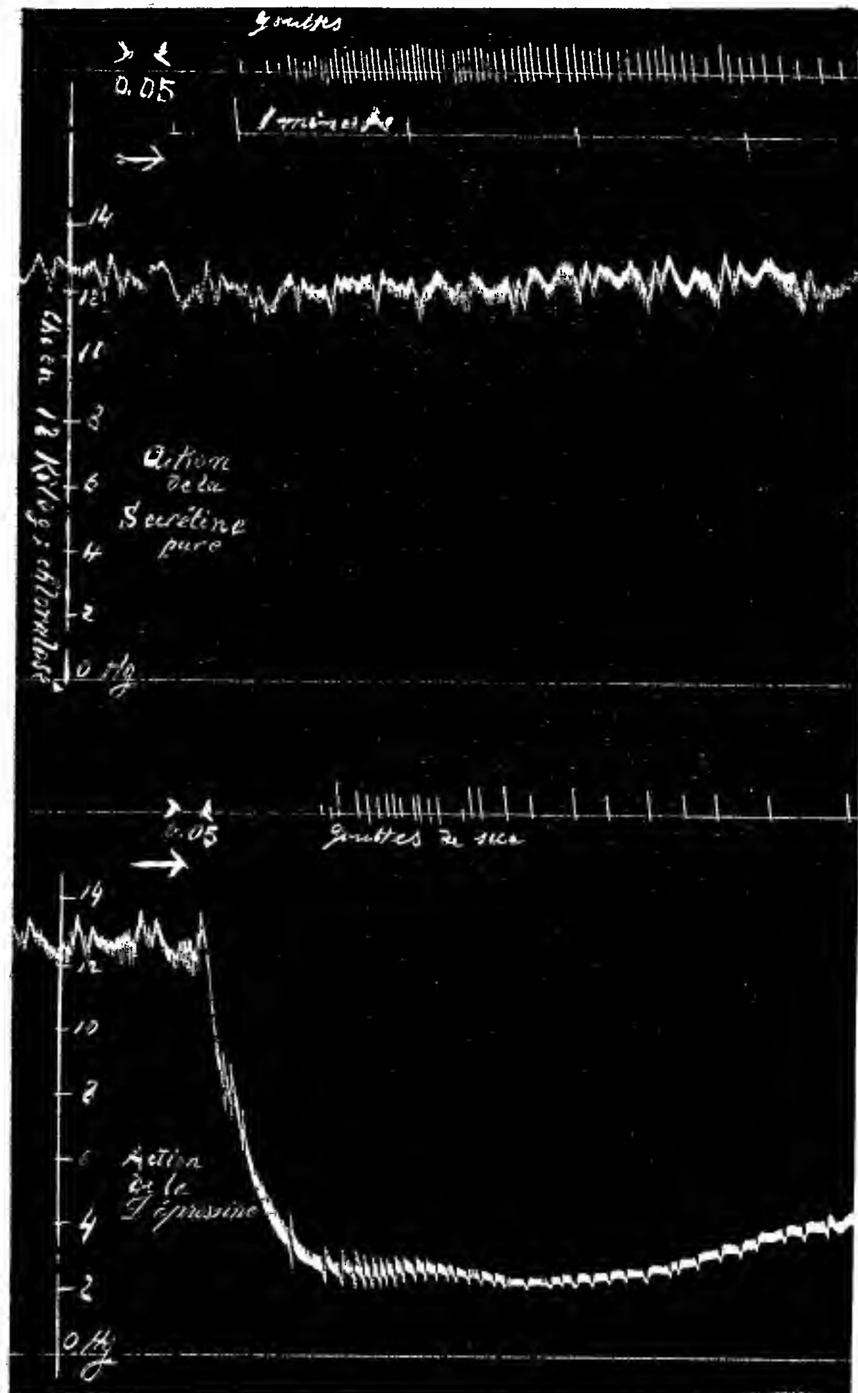
Traitée par l'eau acidulée, la muqueuse duodéno-jéjunale laisse passer en solution une substance qui, injectée dans le système circulatoire, provoque la sécrétion du suc pancréatique.

Ce fait a été démontré, en 1902, par Bayliss et Starling [1]; ils donnèrent à la substance excito-sécrétoire, vraisemblablement contenue dans leur solution, mais non définie et non isolée, le nom de *sécrétine*. Dans le Mémoire classique écrit par eux sur cette découverte, ils annoncent que l'injection de leur solution de sécrétine est immédiatement suivie d'une dépression sanguine; ils estiment qu'à côté de la sécrétine, il existe dans leur solution une *depressor substance* différente de la sécrétine; la *depressor substance* et la *sécrétine* diffèrent par leur solubilité dans l'alcool absolu. Nous voyons en effet (par les tracés 8 et 9, p. 338 de leur publication) qu'on peut obtenir une *sécrétine* sans *depressor substance;* toutefois, ces tracés sont peu concluants; en effet, les solutions de *sécrétine* sans *depressor substance* et les solutions de *depressor substance* sans *sécrétine* diffèrent bien quant à leur action sur la pression sanguine, mais elles sont sensiblement égales quant à leur action excito-sécrétoire. Ces documents paraissent donner raison aux expérimentateurs qui soutiennent, avec M. Popielski, que la sécrétine est identique à la substance dépressive désignée par M. Popielski sous le nom de *vaso-dilatine*. Pour ce dernier, il n'y a pas de sécrétion sans vaso-dilatation et, tout récemment encore, il conclut d'une façon très générale que : « Die Sekretionstätigkeit ist eine Folge der Ungerinnbarkeit des Blutes und der Erweiterung der Blutgefässe [2]. »

---

(1) Bayliss et Starling, *The Journ. of Physiol.*, t. XXVIII, 1902, p. 325.

(2) Popielski, *Arch. für die Gesam. Physiol.*, t. CL, 1913 (p. 14 du tirage à part).


gouttes
0.05
1 minute
14
12
8
6
4
2
0 Hg
Action de la Sécrétine pure
0.05
gouttes de suc
14
12
10
8
6
4
2
0 Hg
Action de la Dépressine

L'opinion de MM. Bayliss et Starling n'a donc pas été admise par tous les expérimentateurs; dans un travail récent (1), M. Matsuo, tout en se rangeant du côté des auteurs anglais, n'apporte aucune expérience propre à conclure d'une façon définitive, soit dans le sens de MM. Bayliss et Starling, soit dans le sens de M. Popielski. La question de savoir si la sécrétine et la vaso-dilatine sont identiques ou différentes reste donc posée tout entière.

Dans une Note préliminaire (2), nous avons indiqué une méthode permettant d'obtenir la *sécrétine* à l'état solide. Par des précipitations répétées au moyen de l'alcool absolu des solutions aqueuses de notre *sécrétine*, nous avons finalement obtenu une poudre qui, après dessiccation, se présente avec les caractères suivants : poudre blanche très soluble dans l'eau avec réaction alcaline, insoluble dans l'alcool absolu, non hygroscopique; fortement excito-sécrétoire à faible dose, sans aucune action dépressive.

D'autre part, la concentration de l'alcool ayant servi aux précipitations ci-dessus nous a donné un résidu de couleur jaunâtre, de consistance solide quand il est tout à fait sec, soluble dans l'eau avec forte réaction alcaline, très hygroscopique. La solution aqueuse de ce produit est faiblement excito-sécrétoire chez les animaux dont le pancréas n'a pas été excité au préalable par la sécrétine; elle est *fortement dépressive*, la dépression provoquée est immédiate et de longue durée (voir les tracés ci-dessus).

Ainsi donc il n'est pas douteux, après nos recherches, que la *sécrétine* et la *vaso-dilatine* sont deux substances différentes; les résultats que nous venons de faire connaître nous paraissent propres à clore définitivement le débat sur cette question; il s'ensuit que l'opinion de M. Popielski, rappelée par nous ci-dessus, ne saurait être justifiée en tant que loi générale de la sécrétion glandulaire.

Conclusions. — Nous avons séparé des macérations de muqueuse duodéno-jéjunale deux substances différentes :

1° Une substance excito-sécrétoire sans aucune action dépressive; elle répond à la substance dite *sécrétine;*

2° Une substance fortement dépressive, faiblement excito-sécrétoire. Cette substance correspond à celle dont MM. Bayliss et Starling avaient prévu la présence dans leur macération duodéno-jéjunale et qu'ils avaient qualifiée de *depressor substance.* Comme nous désirons séparer d'une façon

---

(1) Matsuo, *The Journ. of Physiol.*, t. XLV, n° 6, 1913, p. 447.

(2) L. Launoy et K. Oechslin, *Comptes rendus Soc. Biol.*, t. LXXIV, 1913, p. 338.

très nette la *vaso-dilatine* de M. Popielski de la substance dépressive que nous venons d'isoler du duodéno-jéjunum, nous proposons pour elle le nom de *dépressine;* dans le choix de ce nom, nous nous conformons à la terminologie des auteurs anglais (¹).

GÉOLOGIE. — *Sur la structure de la zone littorale de l'Algérie occidentale.* Note de M. **Louis Gentil**, présentée par M. Douvillé.

J'ai signalé autrefois (²) la structure compliquée du massif des Trara (Oran) et notamment l'existence d'un pli chevauché du Nord vers le Sud, depuis le cap Noe jusqu'au Dj. Tadjera. Mes recherches au Maroc m'ont incité à revenir à diverses reprises dans ces régions algériennes, de façon à établir les relations géologiques du littoral oranais et de la zone la plus septentrionale du Maroc oriental. Je désire, dans cette Note, résumer, à ce point de vue, mes principales conclusions.

Le pli du Dj. Tadjera montre les calcaires du Lias moyen (Domérien) et supérieur (Toarcien), chevauchés sur le Miocène inférieur (Cartennien). Ce pli est enraciné au bord de la mer entre la baie d'Ahnaï et celle de Sidna Iouchâ. On voit de ce côté les calcaires massifs du Lias moyen redressés en une falaise abrupte, puis se déverser vers le Sud. Au contact du Miocène inférieur, le poudingue de base de cet étage, caractérisé par *Ostrea Cartenniensis* Br., *Pecten convexior* Alm., etc., est *retroussé*, tandis que, plus au Sud, le calcaire liasique est *chevauché* jusqu'à une distance de plus de 6^{km} de la côte.

Au sud-est du cap Noe, à la limite du massif schisteux silurien des Trara, le djebel Sidi Sefiane offre une structure analogue, mais témoignant d'un effort orogénique moindre.

Les calcaires du Lias moyen et les marno-calcaires à riche faune toarcienne qui les surmontent reposent, au Nord-Ouest, sur les schistes siluriens et sont plissés en un anticlinal complètement déversé sur le Miocène inférieur, retroussé à son contact, dans la vallée de l'O. el Ouïdan.

(¹) La vaso-dilatine de l'extrait de duodéno-jéjunum est évidemment égale à sécrétine + dépressine.

(²) *Esquisse stratigraphique et pétrographique du Bassin de la Tafna* (*Algérie*), p. 495 et suiv., et Carte géologique au $\frac{1}{200\,000}$, *Pl. V*. Alger, 1902.

Si l'on se déplace vers l'Ouest en se rapprochant du Maroc, on observe les mêmes phénomènes tectoniques qui prennent plus d'importance.

Chez les Beni Menir, entre le cap Noe et le cap Torsa, le Lias calcaire se montre en lambeaux disséminés sur les marnes du Miocène inférieur caractérisées par une faune burdigalienne et rendues schisteuses par la compression. De plus, il est fréquent de voir des *lambeaux de poussée* interposés entre le Miocène et le Lias, essentiellement formés par les argiles bariolées et les gypses du Trias lagunaire. Au cap Torsa, le Lias moyen se montre, comme au cap Noe, en une falaise formée par la *racine droite* du pli poussé sur le Miocène inférieur, tandis qu'à Nemours les travaux du port ont entaillé un lambeau de calcaire liasique en superposition anormale sur les schistes et les grès du Séquanien.

Mais c'est dans la vallée de l'O. Kouarda, chez les Msirda, que le phénomène prend sa plus grande ampleur.

Le Lias, qui se montre encore enraciné au bord de la mer, forme un pli largement chevauché sur le Miocène inférieur marneux [1] qui s'étale dans la vallée de ce petit fleuve côtier.

Le Dj. Ali ben Sala, sur la rive droite, et le Dj. Zendal, sur la rive gauche, sont formés par le Lias moyen reposant sur le Miocène inférieur et l'on peut voir, sur tout le pourtour méridional du calcaire liasique du Zendal, affleurer, sur les marnes miocènes *schisteuses*, un *lambeau de poussée* du Trias gypseux fortement laminé. Trois affleurements du Lias, appartenant au même pli, se trouvent isolés plus au Sud, par l'érosion formant les crêtes calcaires du Koudiat Ferked et du Dj. Kelâ, à soubassement miocène. D'autres pointements liasiques, au Dj. Alouïa et au Dj. Mellafen, chez les Attia, ont leurs contacts masqués par les déjections andésitiques postérieures du « Volcan des Msirda ».

Dans ces régions, le Lias chevauche le Miocène inférieur sur une étendue de plus de 11^{km}.

La zone littorale est bordée, dans ces contrées, par l'imposante crête du Dj. Filhaoucen dont j'ai montré la continuité, par le massif des Beni Snassen, avec les chaînes marocaines.

Le Dj. Filhaoucen s'élève entre les vallées miocènes de l'O. Mersa (Nemours) et de la Tafna. Il offre les terrains primaires (schistes siluriens des Trara, poudingues permiens des Beni Menir) et toute la série jurassique que j'ai décrite dans le massif des Beni Snassen, série de sédimentation continue, depuis la transgression mésoliasique jusqu'au Jurassique supérieur. Toutes les couches secondaires y forment un vaste anticlinal déjeté vers le Sud, s'appuyant parfois, comme chez les Beni Mishel,

---

(1) Ces marnes du Miocène inférieur ont été confondues autrefois avec les argiles et grès de l'Oxfordien (Cartes géologiques au $\frac{1}{800000}$ de l'Algérie, éditions de 1889 et de 1900).

sur les dépôts du Miocène inférieur. Sur son revers méridional, la chaîne montre son ossature primaire, les schistes siluriens affleurant sur une bande étroite parallèle à la crête, pincés entre les flancs jurassiques de la montagne.

Il faut donc admettre que les mêmes efforts orogéniques qui ont laissé des traces si manifestes dans la zone littorale ont eu leur répercussion dans cette chaîne.

Plus à l'Ouest encore, j'ai montré (¹) qu'au Maroc le massif des Kebdana offrait des phénomènes de charriage tout à fait comparables (¹).

Le Lias s'y montre poussé sur les schistes à *Posidonomya alpina* et *P. Dalmasi*, avec interposition fréquente d'une lame très mince, fortement laminée, d'argiles bariolées du Trias gypseux. L'étendue du chevauchement vers le Sud oscille, ici, entre 10^{km} et 15^{km}. La répercussion des efforts orogéniques qui ont affecté la région littorale est non moins discutable dans le massif des Beni Snassen où se montrent des plis imbriqués poussés vers le Sud (²).

Ainsi, depuis la baie d'Ahnaï jusqu'à la lagune de Mar Chica, dans la zone marocaine espagnole (soit sur un espace de plus de 120^{km}), partout, *le bord de l'effondrement méditerranéen est jalonné par les mêmes phénomènes orogéniques*. Et je pense que la même continuité tectonique se poursuit dans l'Est.

J'ai observé, en effet, les mêmes chevauchements du Lias sur le Miocène inférieur et sur les marnes sénoniennes, entre l'îlot d'El Mokreum et l'embouchure de la Tafna chez les Beni Khelad. Je crois, aussi, que le Lias qui couronne le Dj. Skouna est chevauché, enraciné au bord de la mer, ayant poussé devant lui une partie du Trias gypseux de la vallée de Feïd el Ateuch, au pied de la colline des Sebâ Chioukh; je suis même porté à admettre que le gîte de fer célèbre de Beni Saf a subsisté en partie aux ravages de l'érosion, grâce à la protection de la nappe calcaire qui lui sert de toit. Enfin je ne serais pas surpris que les mêmes phénomènes s'étendissent jusqu'au voisinage d'Oran.

Il est possible, en outre, de dire, avec assez de précision, l'âge de ce mouvement orogénique. Le Lias chevauché recouvre fréquemment le Miocène à faune burdigalienne (Cartennien) tandis qu'il est recouvert par les grès tortoniens ou par le Miocène supérieur (Sahélien) *en place*.

Le premier cas s'observe dans la région de Beni Saf où j'ai décrit des couches à faune helvétienne, avec *Pecten substriatus* d'Orb., *P. Fuchsi* Font., *Ostrea*

(¹) *Comptes rendus* du 31 octobre 1910.

(²) Louis Gentil, *Esquisse géologique du massif des Beni Snassen* (*Bull. Soc. géol. de France*, 4ᵉ série, t. VIII, p. 391-417, *Pl. VIII-IX*).

Barroisi Kil, et les grès de Beni Saf à faune tortonienne avec *Pecten Besseri* Andr., *P. costisulcatus* Alm. Bof., *Cytherea Pedemontana* Agass., accompagnant les Clypéatres décrits par Pomel [1]. Dans l'Ouest, depuis le cap Torsa jusqu'au delà des Kebdana, partout des grès et argiles *en place* recouvrent le Lias chevauché et sont caractérisés par les débris de la faune du Miocène supérieur (Sahélien) à *Pecten Restitutensis* Font., *P. incrassatus* Part., *P. sarmenticus* Goldf., *P. Bollensis* Font., etc., que j'ai signalés à Nemours et à Port-Say [2].

Il résulte de ces observations que le *Lias a été charrié au Miocène moyen ou plutôt au début de cette époque, à l'Helvétien.*

La séance est levée à 4 heures et quart.

G. D.

---

[1] *Thèse de doctorat*, p. 322 et suiv.
[2] *Comptes rendus*, 30 janvier 1911.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 17 MARS 1913.

Bureau central météorologique de France. *Procès-verbaux des Séances du Comité météorologique international avec les procès-verbaux de la Commission de Magnétisme terrestre et d'Électricité atmosphérique. Réunion de Paris*, 1907. *Réunion de Berlin*, 1910. Paris, Imprimerie nationale, 1913; 2 fasc. in-8°.

Ministère de l'Intérieur. *Recueil des Actes officiels et Documents intéressant l'Hygiène publique. Travaux du Conseil supérieur d'Hygiène publique de France;* t. XLIV, année 1910. Melun, Imprimerie administrative, 1912; 1 vol. in-8°.

Rapport sur les travaux du Bureau central pendant les 50 premières années de l'Association géodésique internationale, par F.-R. HELMERT. Leyde, E.-J. Brill, 1913; 1 fasc. in-4°.

Annales de l'Institut océanographique. Tome V, fasc. 5 : *Étude systématique et biologique des Poissons de la Manche occidentale*, par ÉD. LE DANOIS. — Fasc. 6 : *Untersuchungen über die Absorption des Lichts im Seewasser* (erster Teil), par KLAUS GREIN. Paris, Masson et Cie, 1913; 1 vol. et 1 fasc. in-4°.

Titres et travaux scientifiques du Lieutenant-Colonel P.-L. Monteil. Coulommiers, imp. Paul Brodard, 1913; 1 fasc. in-4°.

Les rayons ultraviolets et leurs applications. Les lampes à vapeur de mercure, par l'INSTITUT SCIENTIFIQUE ET INDUSTRIEL. Paris, s. d.; 1 fasc. in-8°.

Le Mois scientifique et industriel; nos 159-161, novembre 1912-janvier 1913. Paris; 3 fasc. in-8°.

R. Magistrato alle acque. Ufficio idrografico. Terza relazione annuale del Direttore; pubblicazione n° 36. Venise, 1912; 1 vol. in-8°.

Department of terrestrial magnetism of the Carnegie Institution of Washington. Annual Report of the Director, 1912. (Extr. du *Year Book*, n° 11, p. 230-238, pl. 6 et 7); 1 fasc. in-8°.

Meteorologisches Jahrbuch für Finnland, herausgegeben von der *Meteorologischen Zentralanstalt;* Bd. VII; VIII, Teil 1; IX, Teil 1; 1907-1909. Helsingfors, 1912; 3 fasc. in-4°.

Division territorial de los Estados Unitados Mexicanos. Estados de Aguascalientes, Colima y Morelos. Mexico, 1912; 3 fasc. in-4°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 25 MARS 1913.

Institut de France. Académie des Sciences. *Rapport sur la pétition adressée au Président de l'Académie par la plupart des Correspondants nationaux*, par M. GASTON DARBOUX. — Commissaires : MM. Guyon, président; P. Appell, vice-président; Ph. van Tieghem, secrétaire perpétuel; Émile Picard, Edmond Perrier, Dastre, Alfred Picard; Gaston Darboux, rapporteur (H. Poincaré et Cailletet, décédés). (Extr. des *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences;* t. 156, p. 836; séance du 10 mars 1913.) Paris, Gauthier-Villars; 1 fasc. in-4°.

L'Atlantide, par PIERRE TERMIER, Membre de l'Institut. Conférence faite à l'Institut océanographique de Paris, le 30 novembre 1912. (*Bulletin de l'Institut océanographique*, Fondation Albert Ier, Prince de Monaco; n° 256, 20 janvier 1913.) Monaco; 1 fasc. in-8°.

Flore complète, illustrée en couleurs, de France, Suisse et Belgique, comprenant la plupart des plantes d'Europe, par GASTON BONNIER, Membre de l'Institut; fasc. 7-10. Paris, E. Orlhac; Bruxelles, J. Lebègue et Cie; Neuchâtel (Suisse), Delachaux et Niestlé; 4 fasc. in-4°.

Specola astronomica vaticana. I : La rotation de la Terre; ses preuves mécaniques anciennes et nouvelles. Second Appendice : Continuation des expériences, par J.-G. HAGEN. Rédigé en français par P. DE VREGILLE. Rome, 1912; 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. Bigourdan.)

Recherches cytologiques sur le genre « Amblystegium », par EM. MARCHAL. (Extr. du *Bull. de la Soc. roy. de Bot. de Belgique;* 2e série, t. I. Volume jubilaire.) 1912; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Die Greensche Funktion der Schwingungsgleichung, von A. SOMMERFELD. (Extr. de *Jahresbericht der deutschen Mathematiker-Vereinigung;* t. XXI, 1912, Heft 10/12.) Leipsig, B.-G. Teubner; 1 fasc. in-8°.

Sur le calcul des opérateurs de Newcomb, par H. v. ZEIPPEL. (*Arch. för Matematik, Astronomi och Fysik;* Bd. VIII, n° 19.) Stockholm, Almqvist et Wiksell; Paris, C. Klincksieck, 1912; 1 fasc. in-8°.

La place des Mathématiques dans la pratique du génie, par W.-H. WHITE. (Extr. de *Scientia;* t. XII, 6e année, 1912, n° XXVI-6.) Bologne, Nicola Zanichelli; 1 fasc. in-8°.

Nova Acta regiæ Societatis Scientiarum Upsaliensis; 4e série, t. III, fasc. 1. Upsal, 1911-1913; 1 vol. in-4°.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 31 MARS 1913.

PRÉSIDENCE DE M. F. GUYON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les surfaces minima engendrées par un cercle variable.* Note de M. **Gaston Darboux.**

5. Les calculs que nous venons de faire dans ce cas particulier se compliqueraient beaucoup dans le cas général; nous avons donc choisi une autre méthode, que nous allons maintenant exposer.

Regardons dans les équations (5) A, B, C, a, b, c, R comme des fonctions connues d'un paramètre variable λ. Ces équations déterminent alors la surface la plus générale engendrée par un cercle, et les cosinus directeurs de la normale en un point à cette surface seront donnés par les formules (8) où H, K, Δ sont définis par les formules (7) et (9). Il faut exprimer que cette surface est minima.

Pour cela nous remarquerons qu'une des propriétés caractéristiques des surfaces minima est que l'expression

$$X\,dy - Y\,dx$$

soit une différentielle exacte. Pour exprimer cette propriété nous regarderons X, Y, Z comme des fonctions des variables *indépendantes* x, y, z, λ; et, en tenant compte des relations qui lient ces quantités, nous serons conduit à la condition très symétrique,

$$\frac{\partial X}{\partial x} + \frac{\partial Y}{\partial y} + \frac{\partial Z}{\partial z} + \frac{K}{\Delta} - \frac{1}{K}\left(A\frac{\partial X}{\partial \lambda} + B\frac{\partial Y}{\partial \lambda} + C\frac{\partial Z}{\partial \lambda}\right) = 0,$$

qui devra être une conséquence des équations (5). En faisant le calcul, on trouve

$$(24) \quad -[2K + 2\Sigma A a'](H^2 + R^2K^2) + 2KHRR' + R^2\left(H\frac{\partial K}{\partial \lambda} - K\frac{\partial H}{\partial \lambda}\right) = 0.$$

C'est une relation qui est généralement du troisième ordre par rapport à x, y, z et qui doit être une conséquence des équations (5).

6. Commençons par considérer le cas où le plan du cercle est parallèle à une direction fixe. Alors on pourra supposer

$$A = 0, \quad B = 0, \quad C = 1, \quad c = \lambda, \quad c' = 1;$$

on aura

$$K + \Sigma A a' = 0, \quad K = -1,$$

et l'équation (24) se réduira à la suivante

$$2HR' - R'\frac{\partial H}{\partial \lambda} = 0,$$

ce qui donne

$$[2a'(x-a) + 2b'(y-b) + 2c'(z-c) + 2RR']R'$$
$$= R[a''(x-a) + b''(y-b) - a'^2 - b'^2 - 1 + RR'' + R'^2].$$

Cette relation devant avoir lieu en vertu des équations (5), dont la seconde se réduit à

$$z - \lambda = 0,$$

on peut y remplacer z par λ; et l'équation restante devra avoir lieu pour toutes les valeurs de x, y, ce qui permet de la décomposer dans les trois suivantes

$$2a'R' = Ra'', \quad 2b'R' = Rb'', \quad RR'' - R'^2 = 1 + a'^2 + b'^2.$$

L'intégration des deux premières nous donne

$$a' = pR^2, \quad b' = qR^2,$$

p et q désignant deux constantes. En portant ces valeurs de a', b' dans la troisième équation, il vient

$$RR'' - R'^2 = (p^2 + q^2)R^4 + 1.$$

Il suffit de multiplier les deux membres par $\frac{2R'}{R^3}$ pour avoir de part et d'autre

des différentielles intégrables. L'intégration donne

$$\left(\frac{R'}{R}\right)^2 = (p^2+q^2)R^2 - \frac{1}{R^2} + c,$$

c étant une constante arbitraire; il vient alors

$$\left(\frac{dR}{dz}\right)^2 = (p^2+q^2)R^4 + cR^2 - 1,$$

puis

$$a = p\int R^2\,dz + p_0, \qquad b = q\int R^2\,dz + q_0,$$

p_0 et q_0 désignant de nouvelles constantes.

Ces dernières formules montrent que la courbe lieu des centres (a, b) est dans un plan vertical. En prenant ce plan pour plan des xz, on annulera q et q_0. Ainsi on pourra, sans restreindre la généralité, prendre les formules

$$(25) \qquad \begin{cases} \left(\dfrac{dR}{dz}\right)^2 = p^2R^4 + cR^2 - 1, \\ a = p\displaystyle\int R^2\,dz, \qquad b = 0. \end{cases}$$

La première montre que R ne descendra pas au-dessous d'un certain minimum. Car on peut toujours mettre le polynome du quatrième degré en R sous la forme

$$(26) \qquad p^2R^4 + cR^2 - 1 = p^2(R^2 - R_0^2)(R^2 + R_1^2).$$

On aura toujours

$$pR_0R_1 = 1,$$

et il sera possible de poser, β étant une quantité réelle,

$$(27) \qquad R = R_0 \operatorname{cn} \beta\, \iota.$$

Si l'on prend pour le module de la fonction elliptique la valeur

$$(28) \qquad k = \frac{R_0}{\sqrt{R_0^2 + R_1^2}},$$

la première équation (25) nous donnera

$$\frac{d\beta}{dz} = \frac{1}{k'R_0},$$

ce qui permettra de prendre

$$(29) \qquad Z = k'R_0\beta.$$

On aura ensuite

$$a = p\int R^2\,dz = kR_0\beta + \frac{iR_0}{k}Z(i\beta),$$

de sorte que la surface sera déterminée par les équations

$$(30)\qquad \begin{cases} x = \dfrac{k}{k'}z + \dfrac{iR_0}{k}Z\left(\dfrac{iz}{R_0 k'}\right) + R_0\,\mathrm{cn}\,\dfrac{iz}{R_0 k'}\cos\psi, \\ y = R_0\,\mathrm{cn}\,\dfrac{iz}{R_0 k'}\sin\psi, \end{cases}$$

qui ne diffèrent de celles que nous avons obtenues plus haut que par le changement de R en R_0.

7. Revenons à l'équation (24) et supposons maintenant que les plans des cercles n'aient pas une direction fixe. Nous allons montrer que, dans ce cas, cette relation ne saurait être une conséquence des équations (5).

Alors les dérivées A', B', C' ne pourront être nulles en même temps et K contiendra les coordonnées x, y, z au premier degré. Choisissons λ de telle manière qu'on ait

$$(31)\qquad A'^2 + B'^2 + C'^2 = 1.$$

On pourra constituer un système de 9 cosinus

$$\begin{matrix} A, & A', & BC' - CB', \\ B, & B', & CA' - AC', \\ C, & C', & AB' - BA', \end{matrix}$$

qui donneront lieu à des relations telles que les suivantes :

$$(32)\qquad A + A'' = p(BC' - CB'), \qquad (BC' - CB')' = -pA',$$

et remplacer a', b', c' par les quantités ξ, η, ζ déterminées par les formules

$$(33)\qquad \begin{cases} a' = \xi A + \eta A' + \zeta(BC' - CB'), \\ b' = \xi B + \eta B' + \zeta(CA' - AC'), \\ c' = \xi C + \eta C' + \zeta(AB' - BA'). \end{cases}$$

De là et des équations (32) on tirera les valeurs des dérivées secondes a'', b'', c'' :

$$(34)\qquad \begin{cases} a'' = (\xi' - \eta)A + (\xi + \eta' - \zeta p)A' + (\zeta' + \eta p)(BC' - CB'), \\ b'' = (\xi' - \eta)B + \ldots, \\ c'' = (\xi' - \eta)C + \ldots. \end{cases}$$

Ces formules permettront de calculer H, $\frac{\partial H}{\partial \lambda}$, $\frac{\partial K}{\partial \lambda}$. On a

$$H = -RR' - \eta(K + \xi) - \zeta \mathop{S}(BC' - CB')(x - a), \tag{35}$$

puis

$$\left\{\begin{aligned} \frac{\partial H}{\partial \lambda} &= -RR'' - R'^2 - (\xi + \eta' - \zeta p)(K + \xi) \\ &\quad - (\zeta' + \eta p) \mathop{S}(BC' - CB')(x - a) + \xi^2 + \eta^2 + \zeta^2, \\ \frac{\partial K}{\partial \lambda} &= -\xi' + p \mathop{S}(BC' - CB')(x - a) - \eta. \end{aligned}\right. \tag{36}$$

Supposons d'abord que ζ ne soit pas nul. Alors l'équation (35) nous donnera

$$\mathop{S}(BC' - CB')(x - a) = -\frac{1}{\zeta}(H + RR' + \eta K + \eta\xi). \tag{37}$$

Si l'on joint cette équation aux deux suivantes

$$\mathop{S} A(x - a) = 0, \qquad \mathop{S} A'(x - a) = K + \xi,$$

on voit qu'on pourra exprimer x, y, z en fonction de H et de K, et même que ces deux quantités ne seront pas indépendantes. Elles sont liées par la relation qu'on obtiendra en ajoutant les trois équations précédentes après avoir élevé leurs deux membres au carré. Cette relation sera la suivante :

$$-R^2 + (K + \xi)^2 + \frac{1}{\zeta^2}(RR' + \eta\xi + \eta K + H)^2 = 0. \tag{38}$$

D'autre part, si l'on porte la valeur (37) de $\mathop{S}(BC' - CB')(x - a)$ dans les relations (36), on obtiendra les expressions en H, K seulement de $\frac{\partial H}{\partial \lambda}$, $\frac{\partial K}{\partial \lambda}$. Il viendra ainsi

$$\left\{\begin{aligned} \frac{\partial H}{\partial \lambda} &= -RR'' - R'^2 + (\zeta p - \eta')(K + \xi) - K\xi + \eta^2 + \zeta^2 \\ &\qquad + \frac{\zeta' + \eta p}{\zeta}(H + RR' + \eta K + \eta\xi), \\ \frac{\partial K}{\partial \lambda} &= -\eta - \xi' - \frac{p}{\zeta}(H + RR' + \eta\xi + \eta K). \end{aligned}\right. \tag{39}$$

De cette manière, l'équation (24) devient une relation du troisième degré en H et K, relation qui doit être une conséquence de l'équation (38) et, comme celle-ci est indécomposable, il faut qu'on obtienne l'équation (24)

en multipliant l'équation (38) par un polynome du premier degré en H et K. Pour qu'il en soit ainsi, il faut que les termes du troisième degré dans l'équation (24), qui sont

$$K(H^2+R^2K^2),$$

contiennent en facteur les termes du second degré dans l'équation (38) qui sont

$$K^2+\frac{1}{\zeta^2}(H+\eta K)^2.$$

Il faut donc qu'on ait

$$\eta=0, \qquad \zeta=R.$$

Alors il vient

$$\frac{\partial K}{\partial\lambda}=-\xi'-\frac{p}{R}(H+RR'),$$

$$\frac{\partial H}{\partial\lambda}=-RR''+Rp(K+\xi)-K\xi+\frac{R'}{R}H+R^2.$$

L'équation (24) développée devient

$$-(2K+2\xi)(H^2+R^2K^2)+2KHRR'$$
$$+R^2\left[-H\xi'-\frac{p}{R}H^2-pR'H+RR''K-Rp(K^2+K\xi)+\xi K^2-\frac{R'}{R}HK-R^2H\right]=0.$$

Quant à l'équation (38) elle prend la forme

$$(40)\qquad -R^4+(K+\xi)^2R^2+(H+RR')^2=0.$$

Si on la multiplie par $(2K+2\xi)$ et qu'on l'ajoute à la précédente, il viendra

$$(2K+2\xi)[2HRR'+R^2R'^2+2K\xi R^2+\xi^2R^2-R^4]+2KHRR'$$
$$+R^2\left[-H\xi'-\frac{p}{R}H^2-pR'H+RR''K-Rp(K^2+K\xi)+\xi K^2-\frac{R'}{R}HK-R^2K\right]=0.$$

Cette équation, réduite au second degré, devra être identique à l'équation (40) et par suite ne pas contenir de terme en HK, ce qui donne la condition

$$RR'=0.$$

En écrivant que les coefficients de H^2 et de K^2 sont dans le rapport de 1 à R^2, on aura encore

$$\xi R^2=0.$$

On peut écarter l'hypothèse $R^2=0$ et faire

$$\xi=R'=0.$$

Il restera alors

$$-3KR^4 - RpH^2 - R^3pK^2 = 0.$$

L'équation (40) deviendra alors

$$H^2 + K^2R^2 = R^4.$$

Donc il faudrait que l'on eût

$$R^5p + 3KR^4 = 0,$$

ce qui entraîne l'équation impossible

$$R = 0.$$

Nous avons laissé de côté le cas où ζ serait nul et où, par conséquent, on aurait entre H et K la relation linéaire

$$H = -RR' - \eta(K + \xi).$$

En substituant cette valeur de H dans l'équation (24), on serait conduit à une équation dans laquelle les termes du troisième degré seraient $(\eta^2 + R^2)K^3$ et ne pourraient ni s'annuler, ni se réduire avec les autres. Cette hypothèse doit donc être écartée.

En résumé, la seule surface minima réelle engendrée par un cercle est la surface de Riemann.

Cette surface, nous l'avons vu, contient deux constantes dont on pourra disposer de manière à la faire passer par deux cercles quelconques situés dans des plans parallèles. Mais les équations qui détermineraient ces constantes se présentent sous une forme compliquée.

Si l'on adopte, par exemple, les formules (25), et si l'on suppose que le cercle minimum de la surface ne soit pas compris entre les deux cercles donnés, elles se présenteront sous la forme

$$z_0 = \int_{R'}^{R''} \frac{dR}{\sqrt{p^2R^4 + cR^2 - 1}}, \qquad x_0 = \int_{R'}^{R''} \frac{R^2\,dR}{\sqrt{p^2R^4 + cR^2 - 1}},$$

R', R'' désignant les rayons des deux cercles, z_0 la distance de leurs plans et x_0 la projection de la ligne qui joint leurs centres sur le plan de l'un des cercles. C'est à l'aide de ces équations transcendantes qu'il faudra déterminer les inconnues c et p^2.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une classe de transcendantes généralisant les fonctions elliptiques et les fonctions abéliennes.* Note de M. ÉMILE PICARD.

1. Dans deux Mémoires insérés dans les *Acta mathematica* (t. XXIII et XVIII), j'ai indiqué une classe étendue de transcendantes nouvelles satisfaisant à certaines équations fonctionnelles.

Soit donnée une transformation birationnelle

$$(\mathrm{T})\qquad \begin{cases} X_1 = R_1(x_1, x_2, \ldots, x_n), \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ X_n = R_n(x_1, x_2, \ldots, x_n), \end{cases}$$

admettant le point double $x_1 = x_2 = \ldots = x_n = 0$. On pourra, en général, écrire dans le voisinage de ce point

$$\begin{gathered} X_1 = a_1 x_1 + Q_1(x_1, x_2, \ldots, x_n), \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ X_n = a_n x_n + Q_n(x_1, x_2, \ldots, x_n), \end{gathered}$$

les termes Q étant des développements de Mac-Laurin sans termes du premier degré.

Les transcendantes uniformes dont il s'agit, $f_1(z), f_2(z), \ldots, f_n(z)$, admettent une première période, soit $2\pi i$; relativement au changement de z en $z + \omega$ (ω étant une quantité que nous pouvons supposer réelle et positive), on a

$$\begin{gathered} f_1(z+\omega) = R_1[f_1(z), f_2(z), \ldots, f_n(z)], \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ f_n(z+\omega) = R_n[f_1(z), f_2(z), \ldots, f_n(z)]. \end{gathered}$$

J'ai démontré l'existence de telles fonctions en procédant par approximations successives [1]. Mon point de départ était le suivant. Soit tout d'abord dans le plan de la variable complexe $z = x + iy$ une bande parallèle à l'axe Oy, limitée à gauche par l'axe des y et à droite par une parallèle AB à Oy, située à une distance ω de l'origine; on considère de plus une bande de largeur très petite (fixe d'ailleurs), comprenant Oy à son intérieur,

---

[1] J'ai repris cette question dans mon Cours en avril 1911, en donnant les démonstrations dans tous leurs détails.

limitée à gauche par la parallèle i' à Oy et à droite par le parallèle i au même axe. Soit maintenant l'équation fonctionnelle

$$f(z+\omega) - a f(z) = P(z),$$

$P(z)$ étant une fonction méromorphe dans tout le plan, admettant la période $2\pi i$, et holomorphe dans la bande ii'. On démontre qu'on peut satisfaire à cette équation par une fonction $f(z)$, de période $2\pi i$, méromorphe dans tout le plan, et holomorphe dans la première bande (Oy, AB) et un peu au delà à droite et à gauche.

Ceci démontré, partons de fonctions doublement périodiques de seconde espèce

$$f_1^0(z), \quad f_2^0(z), \quad \ldots, \quad f_n^0(z),$$

aux multiplicateurs respectifs $(1, a_1)$, $(1, a_2)$, $\ldots$, $(1, a_n)$, et envisageons les approximations successives correspondant aux équations

$$(1) \quad \begin{cases} f_1^{(p)}(z+\omega) = a_1 f_1^{(p)}(z) + Q_1[f_1^{(p-1)}(z), f_2^{(p-1)}(z), \ldots, f_n^{(p-1)}(z)], \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ f_n^{(p)}(z+\omega) = a_n f_n^{(p)}(z) + Q_n[f_1^{(p-1)}(z), f_2^{(p-1)}(z), \ldots, f_n^{(p-1)}(z)]. \end{cases}$$

Bien entendu, les séries Q peuvent cesser d'être convergentes, mais leur signification n'en est pas moins déterminée.

On suppose que les fonctions initiales $f_1^0(z)$, $\ldots$, $f_n^0(z)$ n'aient pas de pôles dans la bande ii'. De plus, toutes les fonctions

$$(2) \qquad f_1^{(p)}(z), \quad f_2^{(p)}(z), \quad \ldots, \quad f_n^{(p)}(z)$$

deviennent, quel que soit p, infinies respectivement dans la bande (Oy, AB), comme

$$(3) \qquad f_1^0(z), \quad f_2^0(z), \quad \ldots, \quad f_n^0(z).$$

Ces conditions, jointes à la périodicité $2\pi i$, déterminent successivement, dans tout le plan, les termes de la suite (2), en s'appuyant sur le lemme préliminaire énoncé ci-dessus.

On démontre enfin que, *si les modules des termes de la suite* (3) *sont assez petits dans la bande* ii', *les termes de la suite* (2) *ont des limites parfaitement déterminées pour* $p = \infty$. Ce sont les transcendantes cherchées.

2. On pourrait, pour arriver au même résultat, procéder en faisant d'autres approximations successives. Par exemple, comme je l'avais fait dans mes premières recherches sur ce sujet, remplaçons $x_1, x_2, \ldots, x_n$ par

μx_1, μx_2, ..., μx_n et X_1, X_2, ..., X_n par μX_1, μX_2, ..., μX_n (μ étant une constante) dans la transformation T du début. Nous pourrons, en prenant la transformation sous la seconde forme, écrire

$$(4)\quad \begin{cases} X_1 = a_1 x_1 + P_1(x_1, x_2, \ldots, x_n, \mu), \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ X_n = a_n x_n + P_n(x_1, x_2, \ldots, x_n, \mu). \end{cases}$$

On peut alors chercher à satisfaire aux équations fonctionnelles qui correspondent à (4), en prenant pour $f_1(z), f_2(z), \ldots, f_n(z)$ des séries ordonnées suivant les puissances de μ, soit

$$(5)\quad \begin{cases} f_1(z) = f_1^0(z) + \mu f_1^{(1)}(z) + \ldots + \mu^p f_1^{(p)}(z) + \ldots, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ f_n(z) = f_n^0(z) + \mu f_n^{(1)}(z) + \ldots + \mu^p f_n^{(p)}(z) + \ldots. \end{cases}$$

On prend pour $f_1^0(z)$, ..., $f_n^0(z)$ des fonctions arbitraires doublement périodiques de seconde espèce aux multiplicateurs $(1, a_1)$, ..., $(1, a_n)$. Quant à

$$(6)\quad f_1^{(p)}(z), \quad \ldots, \quad f_n^{(p)}(z) \qquad (P \geqq 1),$$

elles sont *holomorphes* dans la bande (Oy, AB).

Dans ces conditions, tous les coefficients des puissances de μ sont déterminés dans les développements (5), et l'on peut établir que, *si le module de μ est suffisamment petit*, les séries convergent et donnent, dans la première bande, les fonctions cherchées.

3. Si l'on n'assujettissait pas les fonctions de la suite (6) à être holomorphes dans la première bande (Oy, AB), on pourrait obtenir d'autres développements analogues à (5). Reprenons les formules du paragraphe précédent en nous bornant, pour simplifier l'écriture, au cas de deux équations. Soit

$$X = R(x, y), \quad Y = S(x, y)$$

la transformation birationnelle; en remplaçant x et y par μx et μy, puis X et Y par μX et μY, on obtient

$$X = ax + P(x, y, \mu), \quad Y = bx + Q(x, y, \mu).$$

En partant des développements

$$f(z) = f_0(z) + \mu f_1(z) + \mu^2 f_2(z) + \ldots,$$
$$\varphi(z) = \varphi_0(z) + \mu \varphi_1(z) + \mu^2 \varphi_2(z) + \ldots,$$

et substituant, il vient

$$f_0(z+\omega) = a f_0(z),$$
$$\varphi_0(z+\omega) = b \varphi_0(z),$$

et, d'une manière générale,

$$(7) \qquad \begin{cases} f_p(z+\omega) = a f_p(z) + P_p(f_0, \varphi_0, \ldots, f_{p-1}, \varphi_{p-1}) \\ \varphi_p(z+\omega) = b \varphi_p(z) + Q_p(f_0, \varphi_0, \ldots, f_{p-1}, \varphi_{p-1}) \end{cases} \qquad (P \geqq 1),$$

les P_p et Q_p étant des polynomes. Au lieu de procéder, comme au paragraphe précédent, pour obtenir les f_p et φ_p, c'est-à-dire les supposer holomorphes ($p \geqq 1$) dans la première bande (Oy, AB), on peut déterminer f_p et φ_p, en prenant pour elles des polynomes en

$$f_0, \quad \varphi_0, \quad \ldots, \quad f_{p-1}, \quad \varphi_{p-1},$$

qui sont complètement déterminés par les équations (7). On obtient alors pour $f(z)$ et $\varphi(z)$ des développements conduisant à des expressions définies pour toute valeur de μ, mais les fonctions uniformes $f(z)$ et $\varphi(z)$ ainsi obtenues ne sont pas méromorphes dans tout le plan de la variable z. Elles admettent *comme points singuliers essentiels* les pôles de f_0 et φ_0.

On peut d'ailleurs arriver par une autre voie aux fonctions précédentes. Supposons $|a| > 1$, $|b| > 1$, et envisageons les équations fonctionnelles

$$F(au, bv) = R[F(u, v), \Phi(u, v)],$$
$$\Phi(au, bv) = S[F(u, v), \Phi(u, v)].$$

Comme je l'ai montré (¹), elles définissent des fonctions uniformes $F(u, v)$ et $\Phi(u, v)$ de u et v dans les plans des variables complexes u et v, holomorphes autour de $u = v = 0$, et ayant partout à distance finie le caractère de fonctions rationnelles. On voit alors qu'en posant

$$f(z) = F[f_0(z), \varphi_0(z)], \qquad \varphi(z) = \Phi[f_0(z), \varphi_0(z)],$$

on obtient des fonctions uniformes de z, satisfaisant à nos équations fonc-

(¹) Voir *Comptes rendus*, 4 juillet 1904, et aussi la Note I dans le Tome II de ma *Théorie des fonctions algébriques de deux variables*, p. 465. Le cas de $a = b$ avait été envisagé à un autre point de vue par M. Poincaré (*Journal de Mathématiques*, 1890).

tionnelles primitives; elles ont comme points singuliers essentiels les pôles de $f_0(z)$ et de $\varphi_0(z)$.

4. J'ai essayé autrefois d'étendre les recherches ci-dessus, de manière à obtenir des fonctions de plusieurs variables, généralisant les fonctions abéliennes comme les fonctions du paragraphe 1 généralisent les fonctions elliptiques. Mais des difficultés nouvelles se présentent et je n'ai pas abouti. Il ne sera peut-être pas cependant sans intérêt d'indiquer ces difficultés en se bornant d'ailleurs à un cas très particulier. Soient ω et ω' deux constantes positives, et soient

$$X = R(x, y), \qquad X = R'(x, y),$$
$$Y = S(x, y), \qquad Y = S'(x, y)$$

deux substitutions birationnelles *permutables* du type considéré antérieurement avec le point double $x = y = 0$. Une question se pose naturellement. Existe-t-il des fonctions uniformes $f(z, z')$ et $\varphi(z, z')$ des deux variables complexes z et z', ayant partout à distance finie le caractère de fonctions rationnelles, admettant par rapport à z et à z' les périodes $2\pi i$, et telles que

$$(8) \quad \begin{cases} f(z+\omega, z') = R[f(z, z'), \varphi(z, z')], & f(z, z'+\omega') = R'[f(z, z'), \varphi(z, z')], \\ \varphi(z+\omega, z') = S[f(z, z'), \varphi(z, z')], & \varphi(z, z'+\omega') = S'[f(z, z'), \varphi(z, z')], \end{cases}$$

En suivant la même marche qu'au paragraphe 3, on est conduit à former le système d'équations

$$(9) \quad \begin{cases} f_0(z+\omega, z') = a f_0(z, z'), & f_p(z+\omega, z') = a f_p(z, z') + P_p[f_0, \varphi_0, \ldots, f_{p-1}, \varphi_{p-1}], \\ \varphi_0(z+\omega, z') = b \varphi_0(z, z'), & \varphi_p(z+\omega, z') = b \varphi_p(z, z') + Q_p[f_0, \varphi_0, \ldots, f_{p-1}, \varphi_{p-1}], \end{cases}$$

où $p \geqq 1$, et le système analogue pour la seconde substitution

$$(10) \quad \begin{cases} f_0(z, z'+\omega') = a' f_0(z, z'), & f_p(z, z'+\omega') = a' f_p(z, z') + P'_p[f_0, \varphi_0, \ldots, f_{p-1}, \varphi_{p-1}], \\ \varphi_0(z, z'+\omega') = b' \varphi_0(z, z'), & \varphi_p(z, z'+\omega') = b' \varphi_p(z, z') + Q'_p[f_0, \varphi_0, \ldots, f_{p-1}, \varphi_{p-1}]. \end{cases}$$

Considérons, dans les plans des deux variables complexes z et z', les premières bandes (Oy, AB) et $(Oy', A'B')$ relatives respectivement à ω et ω'. Pour appliquer l'analyse qui a réussi plus haut, il faudrait pouvoir satisfaire aux équations (9) et (10) par des fonctions de périodes $2\pi i$, f_p et φ_p, holomorphes quand z et z' sont respectivement dans la première bande de leur plan (p étant supérieur ou égal à *un*). Or, cela n'est pas pos-

sible, en général (¹), et l'on ne peut arriver par cette voie à prouver l'existence, *qui reste douteuse*, de fonctions périodiques uniformes ayant partout, à distance finie, le caractère de fonctions rationnelles, et satisfaisant aux équations fonctionnelles (8).

On pourrait, en opérant comme à la fin du paragraphe précédent, satisfaire aux équations (9) et (10) en prenant pour f_p et φ_p des polynomes en f_0, φ_0, ..., f_{p-1}, φ_{p-1}; il ne reste plus alors d'arbitraire que f_0 et φ_0, pour lesquelles on prendrait des fonctions arbitraires quadruplement périodiques de seconde espèce. Mais on obtiendrait ainsi des fonctions uniformes de z et de z' *ayant des singularités essentielles à distance finie*. Ce second point de vue se rattache d'ailleurs indirectement à d'intéressantes remarques sur les transformations permutables faites récemment par M. Georges Giraud (²), et je ne veux pas y insister, lui laissant le soin de les développer.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'existence d'une viscosité superficielle, dans la mince couche de transition séparant un liquide d'un autre fluide contigu.* Note de M. **J. Boussinesq**.

I. Tous les physiciens savent qu'au contact soit de deux liquides, soit d'un liquide et d'un gaz, il existe une mince couche séparative, dite *superficielle*, autrement constituée suivant son épaisseur que suivant les directions parallèles à son plan tangent, couche qui ne saurait, par conséquent, être *fluide*, c'est-à-dire isotrope à l'état d'équilibre, comme l'est la matière voisine. En effet, toute particule fluide est caractérisée par la propriété de refaire sans cesse son *isotropie*, sa parité de constitution en tous sens, à mesure qu'on lui imprime du dehors des mouvements visibles la déformant. Car une imperceptible évolution des groupes moléculaires les uns autour des autres, causée par l'agitation calorifique (toujours notable aux températures suffisantes pour produire la fusion), y égalise plus ou moins vite les distances moléculaires moyennes autour de chaque point, à peu près, sans doute, comme se tasse rapidement une masse de sable, dans un vase soumis à des secousses multipliées.

(¹) Les deux transformations birationnelles et permutables envisagées sont générales, c'est-à-dire ne présentent aucune particularité en dehors des hypothèses explicitement faites.

(²) *Comptes rendus*, 20 janvier 1913.

Or il est clair que la même évolution aura lieu, dans la couche de transition séparant les deux fluides, autant que le comportera sa figure à deux dimensions sensibles, susceptible d'être confondue, en chaque endroit, avec celle d'un mince feuillet *plan;* et que, tout autour d'une normale au feuillet, elle y égalisera les distances moléculaires moyennes suivant les sens *tangentiels*, amenant ainsi et reconstituant sans cesse une isotropie non pas *absolue*, mais de *révolution* autour de la normale. Par suite, de même que l'isotropie complète, à l'intérieur de chaque particule fluide, y assure la normalité et l'égalité des pressions sur tous les éléments plans qui s'y croisent, de même aussi l'isotropie, autour de chaque normale, de la couche superficielle, avec symétrie de celle-ci de part et d'autre de la *coupe* qu'y fera tout plan très petit mené suivant la même normale, entraînera la perpendicularité, à ce plan, des deux *tensions* égales et opposées, f, exercées par unité de longueur sur les deux étroites faces de la coupe, ainsi que leur égalité pour les coupes normales orientées dans tous les azimuts. Donc, ces tensions normales et égales f, tangentes à la couche superficielle, ne dépendront que des deux variables (densité et température) définissant l'état physique dans le voisinage, à l'intérieur du liquide.

II. D'ailleurs, à température constante et aux pressions *modérées* où la densité ρ du liquide intérieur reste peu supérieure à ce qu'elle est dans le vide, les actions individuelles de molécule à molécule, les unes, répulsives, les autres, attractives, qui constituent la pression élastique sur tout élément plan intérieur, et qui y sont à peu près aussi nombreuses qu'à l'état solide où la densité se trouve du même ordre, ne doivent varier avec ρ que de très petites fractions de leurs valeurs dans le vide, à l'exception peut-être des répulsions exercées aux plus petites distances et très rapidement croissantes par de minimes rapprochements; en sorte que la pression élastique y est la somme algébrique, *relativement presque nulle*, d'énormes répulsions et d'énormes attractions, constituant séparément deux *très fortes sommes de signes contraires*.

Effectivement, la densité naturelle, dans le vide, du liquide (supposé non volatil, pour fixer les idées), se règle d'elle-même, abstraction faite du poids des particules, de manière à laisser en équilibre les éléments des feuillets superposés qui composent la couche superficielle libre, c'est-à-dire par la condition de donner, près de cette surface (censée peu courbe), une pression nulle sur tous les éléments plans qui lui sont parallèles et, par suite, nulle aussi, à l'intérieur, sur les éléments plans de toute orientation.

Sur les éléments plans menés dans la couche superficielle parallèlement à ses faces, la densité prend donc les valeurs ρ nécessaires pour y amener partout la neutralisation ou exacte (dans le vide), ou approchée (aux pressions ordinaires), des attractions et des répulsions exercées à travers ces éléments. Or on a ainsi autant d'équations que d'éléments plans parallèles à la surface, ou que d'*inconnues* ρ correspondantes; ce qui doit déterminer celles-ci. Dès lors, rien n'est disposé (ni ne reste disponible) dans les feuillets de la couche superficielle *libre* ou, de même, des autres couches analogues *de transition*, pour produire une neutralisation ou une quasi-neutralisation pareilles des attractions et des répulsions, à travers les *autres* éléments plans de ces couches, notamment à travers les coupes normales considérées ci-dessus, ou de part et d'autre desquelles il y a très sensiblement symétrie à la fois géométrique et physique des couches superficielles en question.

Ainsi s'expliquent les énormes valeurs, *par unité d'aire*, de la tension superficielle, qui est sensible, égale à f, sur l'unité de longueur d'une coupe, malgré sa largeur et sa surface extrêmement faibles.

III. Mais ce qui précède ne concerne, en toute rigueur, que les fluides parvenus, avec leurs couches de transition, à l'état *statique*, après cessation de toute déformation visible des particules. Or l'évolution interne qui y rétablit alors soit l'isotropie en tous sens, soit l'isotropie autour d'une normale, demande toujours pour se faire *un certain temps*, très court chez les fluides *peu visqueux*, plus long chez les autres. D'où il suit que, à l'état *dynamique*, c'est-à-dire quand chaque particule est soumise sans cesse, du dehors, à de nouvelles déformations visibles, sa configuration interne diffère de ce qu'elle serait, *sous sa figure apparente actuelle*, si l'isotropie s'y trouvait rétablie.

Bornons-nous au cas de fluides assez peu visqueux, ou soumis à des déformations visibles assez lentes, pour que l'évolution productrice de l'isotropie y soit, à tout instant, fort avancée. Alors les écarts existant entre la configuration interne réelle de chaque particule et sa configuration isotrope ou élastique pour ses densité et température effectives, sont, évidemment, d'autant plus faibles qu'elle est en train de se déformer avec plus de lenteur; et ils deviendraient négligeables, si *la vitesse* avec laquelle s'y font les déformations visibles s'annulait. Or, les actions moléculaires dépendant justement de la configuration réelle, c'est dire que des éléments plans, bien définis en situation dans une particule de l'*intérieur*, éprou-

veront, outre la *tension élastique* (pression changée de signe), $-p$, normale et égale sur tous les éléments plans se croisant en un même point, de petites composantes de pression, appelées maintenant *forces de viscosité*, fonctions des trois *vitesses de dilatation* et des trois *vitesses de glissement* (bien connues de tous les géomètres) qui définissent la rapidité actuelle de déformation de la particule.

IV. Les forces de viscosité pourront, dès lors, vu la lenteur admise de déformation, en être supposées très vraisemblablement fonctions linéaires et homogènes, ou comprendront, au plus, *six* termes, proportionnels respectivement aux *six vitesses élémentaires* mentionnées, mais avec coefficients réductibles à ceux que laissera subsister la parité de constitution en tous sens de la particule, dans l'état type, *élastique*, à partir duquel se comptent ces petits termes.

En considérant spécialement, dans la particule, les trois éléments plans *principaux*, rectangulaires, de part et d'autre desquels les vitesses actuelles de déformation se font symétriquement, celles-ci se réduiront, comme on sait, aux trois vitesses (*principales*) de dilatation D_1, D_2, D_3, qui exprimeront les rapidités de l'allongement relatif des lignes matérielles respectivement normales à ces éléments plans; et les *tractions* (par unité d'aire) sur les mêmes éléments plans, tractions, P_1, P_2, P_3, dès lors de mêmes sens, ou *normales*, dites aussi *forces* (ou *pressions*) *principales*, contiendront *deux* coefficients seulement *de viscosité*, que nous appellerons ε et ε'. Car il est visible que, dans P_1, par exemple, D_2 et D_3 auront rôle pareil ou seront affectés d'un même coefficient, ε'. Si donc on y appelle $2\varepsilon+\varepsilon'$ le coefficient de D_1, les *deux* vitesses, D_1, de dilatation *linéaire*, et $D_1+D_2+D_3$, de dilatation *cubique*, entreront seules dans P_1. Et l'on aura, pour exprimer, dans la particule, les *pressions principales*, dont on sait que dépendent toutes les composantes de pression, la formule triple, familière aux physiciens géomètres,

$$(1) \qquad (P_1, P_2, P_3) = -p + \varepsilon'(D_1+D_2+D_3) + 2\varepsilon(D_1, D_2, D_3).$$

V. Considérons maintenant, à ce point de vue de la viscosité, les couches de transition *d'un liquide*.

La condition de quasi-neutralisation des attractions et des répulsions qui s'exercent aux distances imperceptibles, à travers tout élément plan parallèle aux feuillets de ces couches, est imposée par des actions tellement grandes, qu'elle doit se réaliser même durant le mouvement; et, comme elle détermine la densité de chacun des feuillets, elle assure partout la

conservation des volumes, maintenant ainsi égale à zéro, pendant le mouvement, la somme algébrique des trois vitesses de dilatation, en chaque point, suivant trois axes rectangulaires quelconques, ou réduisant à *cinq* distinctes, même dans l'épaisseur des couches de transition, les *six* variables qui y définissent la vitesse de déformation. Ce seront, dès lors, pour toute particule des feuillets, les vitesses respectives de dilatation linéaire suivant *deux* directions rectangulaires quelconques *tangentes aux feuillets*, plus les *trois* vitesses de glissement, suivant ces directions et leur normale prises deux à deux.

D'ailleurs, nous n'avons à compter, dans les tensions superficielles à étudier ici, que les forces *extrêmement grandes par unité de surface*, les autres s'y trouvant insignifiantes sur les étroites *coupes*, d'aire presque infiniment petite, qui les supportent.

Cela posé, les deux seules vitesses élémentaires de déformation, d'une particule appartenant à un feuillet, qui ne soient pas symétriques par rapport au plan du feuillet, sont les deux vitesses de glissement relatives à la normale à ce plan, ou mesurant les rapidités avec lesquelles une file de molécules alignée suivant cette normale, s'incline par rapport aux deux files tangentes; et elles sont, par suite, les seules qui puissent amener soit, sur le feuillet, une composante *tangentielle* de pression suivant une droite du feuillet, soit, sur la coupe (du feuillet) perpendiculaire à cette droite, une composante *suivant la normale au feuillet*, composantes égales par unité d'aire, en vertu du théorème de *réciprocité des pressions*. Or de telles vitesses de glissement, ne changeant rien aux densités ρ ou n'empêchant pas la quasi-neutralisation des attractions et des répulsions entre feuillets, ne produiront, sur le feuillet considéré, que des actions de viscosité *modérées* et, dès lors, sur la coupe normale qu'on y a faite fictivement, que des actions *insignifiantes suivant la normale au feuillet*, comparativement à celles qui s'y exercent parallèlement à son plan.

Il suit de là que les *tensions superficielles* appliquées aux coupes normales d'un feuillet, seront toujours tangentes à celui-ci, ou *symétriques par rapport à son plan*; et qu'elles dépendront linéairement des seules vitesses élémentaires de déformation offrant pareille symétrie, ou même des seules qui se produisent dans ce plan, savoir, *les vitesses de dilatation des deux files rectangulaires de molécules du feuillet* et *leur vitesse de glissement mutuel*.

VI. Il y a donc lieu de faire abstraction des deux autres vitesses de glissement (relatives à la normale) dans l'appréciation des très fortes actions moléculaires qui ont à intervenir ici. Or on sait qu'à chaque instant, dans

tout élément superficiel de la couche, il existe, suivant chaque normale à la couche, deux certaines coupes rectangulaires, de part et d'autre desquelles l'extension ou la contraction des feuillets se font symétriquement dans le voisinage, et qui, par suite, supporteront deux tensions superficielles (par unité de longueur), $\mathcal{F}$, $\mathcal{F}'$, purement normales, ou *principales* aussi, et fonctions linéaires des deux seules vitesses de déformation *distinctes* subsistant alors. Ce sont, vu l'annulation du glissement correspondant, les vitesses respectives de dilatation ∂, ∂', dites également *principales*, des lignes matérielles de la couche, orientées suivant $\mathcal{F}$, $\mathcal{F}'$ et qui restent *momentanément* perpendiculaires l'une à l'autre. De plus, la parité de configuration, tout autour de la normale, de l'état type ou *élastique* de la couche à partir duquel se comptent les écarts de contexture produisant les forces de viscosité, entraîne l'égalité respective, dans $\mathcal{F}$ et $\mathcal{F}'$, des coefficients de viscosité analogues.

Cela étant, appelons e_1, dans l'expression de $\mathcal{F}$, le coefficient de ∂', et $2e + e_1$ celui de ∂, de manière à avoir pour $\mathcal{F}$ la formule

$$f + e_1(\partial + \partial') + 2e\partial.$$

Les deux tensions superficielles principales, *à l'état dynamique* et par unité de longueur, de la couche de transition, se trouveront dès lors exprimées par la formule double

$$(\mathcal{F}, \mathcal{F}') = f + e_1(\partial + \partial') + 2e(\partial, \partial'). \tag{2}$$

Il y aura donc deux coefficients e, e_1 de *viscosité superficielle*.

VII. Les physiciens n'ont guère fait porter, jusqu'ici, leurs observations précises de capillarité ou de tensions superficielles, que sur des phénomènes d'équilibre; et voilà sans doute pourquoi ils n'avaient pas eu, ce me semble, l'idée d'y introduire *des forces de viscosité*. Les considérations précédentes montrent que ces forces sont aussi naturelles dans l'étude de la couche superficielle d'un liquide, que dans l'hydrodynamique des fluides pris en masse.

Mon attention y a été appelée par les récentes expériences d'un jeune docteur ès sciences physiques de la Faculté des Sciences de Paris, M. Jules Roux, touchant la vitesse de chute de gouttes mercurielles, ayant moins de 1^{mm} de rayon, dans de l'huile de ricin très visqueuse [1], et par la

[1] *La charge de l'électron; recherches sur la loi de Stokes*, par M. Jules Roux; thèse pour le doctorat ès sciences physiques (Paris, Gauthier-Villars, 1912). Voir surtout le n° 15 (p. 25 et 26).

nécessité de mettre d'accord, avec les résultats de ces observations, une théorie ingénieuse, mais où l'action capillaire était négligée, donnée en 1911, à Cracovie, par M. Rybczynski et, à Paris, par notre confrère M. Hadamard. Il suffisait évidemment, en remarquant l'assez faible rayon des gouttes, d'avoir l'idée de mettre en œuvre la tension superficielle à la surface séparative du mercure et de l'huile, pour être conduit à la formule (2), dans un problème où les forces de viscosité ont le rôle principal.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur la vaccination contre le charbon symptomatique.* Note de MM. Leclainche et Vallée.

Dans une série de publications antérieures, nous avons fait connaître plusieurs procédés d'obtention de vaccins contre le charbon symptomatique par la culture dans des bouillons de diverses compositions.

Nous nous étions arrêtés à l'emploi d'un milieu dit *bouillon F*, bouillon de foie peptoné, permettant un développement rapide et abondant de la bactérie. Nous montrions, en même temps, que la culture ainsi réalisée est susceptible de fournir des virus-vaccins, soit à la suite du chauffage, soit par le simple vieillissement à l'étuve, à 37°.

Ces vaccins n'ont pas servi seulement à des expériences de laboratoire : ils ont été largement employés dans la pratique au cours de campagnes de vaccination poursuivies de 1900 à 1910 et portant sur des dizaines de milliers d'animaux.

Cette large expérience montra que ces vaccins donnaient des résultats excellents; toutefois, leur emploi ne met pas complètement à l'abri des accidents résultant, soit d'une sensibilisation antérieure des organismes, soit des complications, bien connues dans leur mécanisme, résultant du traumatisme d'inoculation.

C'est qu'en fait les vaccins ainsi obtenus ne sont pas constitués par un virus atténué dans le sens précis de l'expression; les micro-organismes n'ont point été profondément modifiés dans leur virulence; l'altération produite par la chaleur ou par le vieillissement porte principalement sur les toxines dont nous avons établi déjà le rôle essentiel dans la pathogénie de l'infection.

Si le pourcentage total des accidents consécutifs à la vaccination est très faible, numériquement insignifiant, le fait qu'ils se produisent presque toujours en série, dans les mêmes étables, l'émotion qu'ils provoquent et le

discrédit qu'ils jettent sur l'intervention, expliquent l'intérêt considérable qui s'attache à leur prévention.

Ce but ne pouvait être atteint qu'en réalisant une véritable atténuation de la bactérie de Chauveau; en effet, l'introduction de bactéries sporulées non réellement atténuées dans les tissus, capables d'être retenues pendant un temps indéterminé dans des milieux offrant des degrés très variables de résistance, expose à une évolution virulente secondaire.

D'autre part, la présence habituelle de la spore dans les cultures et sa résistance énorme aux diverses influences modificatrices ont retardé jusqu'ici la solution du problème. Nous avons montré ainsi que les divers procédés d'obtention des vaccins par l'action des agents physiques, le chauffage à 100°, en particulier, ne modifient pas les propriétés virulentes en puissance dans la spore et que les bactéries issues de celles-ci possèdent une virulence normale.

Nous avons enfin réussi, après de multiples tentatives, à obtenir des *races vraiment atténuées* de la bactérie de Chauveau, en mettant parallèlement en jeu l'action d'une température dysgénésique et d'un milieu défavorable au développement des cultures.

Des bouillons de foie, peptonés, non additionnés de carbonate de chaux, destinés à saturer les acides qui se formeront au cours de la culture, et préalablement portés à la température de 45°, sont ensemencés à l'aide de sang virulent de cobaye. Une moitié des tubes est placée à l'étuve à 37°, l'autre au thermostat à 43°-44°. Le développement microbien est obtenu de tous les ensemencements.

Après 15 jours de séjour des cultures à l'étuve, leur virulence est éprouvée sur le cobaye. Les cultures obtenues à 37° sont virulentes pour cette espèce, celles développées à 43°-44° sont totalement dépourvues de pouvoir pathogène. L'examen de la morphologie des germes qu'on y rencontre témoigne de modifications profondes nées du mode de vie qui leur a été imposé; le type classique, en clostridium ou en bacilles, a fait place à des formes fines, longues, parfois flexueuses, asporulées, pauvres en substance chromatique et qui ne retiennent plus le Gram. Repiquées dans le vide, en bouillon Martin, avec ou sans addition de sérum, les semences atypiques atténuées donnent des cultures du type classique le plus parfait, ce qui élimine d'emblée toute idée d'impureté des souches hétéromorphes.

Non seulement les types du *Bacterium Chauvœi* ainsi cultivés se montrent avirulents pour le cobaye, mais ils le sont aussi pour le mouton et pour les bovins de tout âge dans les conditions les plus sévères de l'épreuve, c'est-à-dire en plein muscle. Nous avons inoculé de la sorte 22 bovins et 35 moutons sans qu'ils ressentent du fait de l'intervention le moindre dommage. Éprouvés ensuite à divers délais avec des virus de haute acti-

vité, ils ont résisté sans accident, tandis que les témoins succombaient tous.

Toutes les races de *B. Chauvœi* ne se prêtent point à l'atténuation et, parmi les nombreuses souches de ce microbe que nous possédons, quelques-unes seulement se sont prêtées à cette intervention. Mais nos échantillons atténués se sont, depuis 3 ans, montrés d'une fixité absolue et nous n'avons jusqu'ici enregistré aucun retour, même partiel, de leur virulence. Ils confèrent l'immunité par une seule insertion sous-cutanée en une région quelconque; ils peuvent, au même titre que les vaccins précédemment utilisés, être employés chez des animaux contaminés, après une injection de sérum immunisant, et dans les conditions que nous avons antérieurement précisées.

Toutefois, la valeur d'un procédé d'immunisation n'étant mesurée que par son utilisation dans la pratique, nous apportons les résultats de 3 années d'une large application de notre méthode.

De 1910 à 1913, 345844 animaux ont été vaccinés dans les conditions les plus diverses de l'entretien en France, en Allemagne, en Italie, en Espagne, en Algérie, dans la République Argentine. Les résultats ont été partout identiques. Il semble qu'on ne puisse désirer une méthode de vaccination plus simple, plus inoffensive et plus certaine dans ses résultats. Le problème de la vaccination contre le charbon symptomatique, dont nous poursuivons l'étude depuis 12 années, nous paraît aujourd'hui résolu.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce le décès de M. *V. Dwelshauvers-Dery*, Correspondant de l'Académie pour la Section de Mécanique.

M. **Lebeuf**, élu Correspondant pour la Section d'Astronomie, adresse des remercîments à l'Académie.

M. **Wallerant** est adjoint à la Commission chargée d'examiner les Communications relatives à la baguette divinatoire.

M. **A. Claude** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

ASTRONOMIE. — *Observations d'occultations mutuelles des satellites de Jupiter.* Note de M. **M. Amann**, transmise par M. C. Wolf.

En dehors des immersions, passages, éclipses, etc., indiqués par les éphémérides astronomiques, les satellites de Jupiter présentent encore le phénomène bien plus rare de s'occulter mutuellement. Aussi il me semble utile de faire connaître celles de ces occultations que j'ai faites pendant les oppositions de Jupiter en 1902 et en 1908.

Les occultations de 1902 ont été observées au réfracteur de 108^{mm}, grossissement d'environ 100 fois, et celles de 1908 au réfracteur de 170^{mm}, grossissement 270 fois.

Le Tableau ci-dessous résume l'ensemble des observations; le sens du déplacement des satellites se déduit des configurations, d'après les conventions adoptées par la *Connaissance des Temps :*

Dates. 1902.	Satellites.	Durée de l'occultation.	Configurations.	Remarques.
		m s		
Septembre 10...	I-III	14. 0	○1··3	Occultation totale.
13...	I-III	6.25	○3··1	Id.
27...	II-III	9.14	○3··2	Id.
Octobre 7......	I-II	8.11	1··2○	Id.
9......	III-IV	3.45	○4.·3	Occultation partielle.
Novembre 2....	I-III	10. 0	○3··1	Occultation totale.
3....	III-IV	»	3·.4○	Simple contact.
10....	I-III	9.55	3··1○	Occultation totale.
21....	I-II	»	2··1○	Observé le dernier contact seul.
Décembre 10...	I-II	10. 0	1··2○	Occultation totale durant laquelle le disque lumineux reste allongé dans le sens de l'équateur de Jupiter.
1908.				
Mars 14........	I-II	6.10	○2··1	Occultation totale.
Juin 2.........	II-III	»	·3.2○	Simple contact.

Le 14 mars 1908, le premier contact eut lieu à $8^h 48^m 47^s$, et le dernier à $8^h 54^m 57^s$, t. m. astr. de Paris.

Ces rapprochements de satellites permettent de faire d'intéressantes constatations. Ainsi, il se produit parfois des variations très notables dans la grandeur et l'éclat des satellites en conjonction. Le 2 juin 1908, par

exemple, lors d'un rapprochement du III[e] et du II[e], celui-ci, au commencement de l'observation, se présentait comme un tout petit point à côté du gros disque de l'autre; puis, à mesure qu'ils se rapprochaient, il s'établissait une plus grande égalité entre leurs dimensions apparentes.

D'autres fois, dans l'intervalle de 15 minutes, le satellite estimé le plus gros et le plus brillant devient plus petit et moins lumineux que l'autre, puis remonte au premier rang pour devenir encore une fois inférieur à son voisin. Ce n'est que quand les satellites sont de nouveau bien séparés, qu'on peut faire une évaluation définitive de leur grandeur et de leur éclat respectifs. Une observation semblable a également été faite par Dom Lamey le 26 octobre 1902.

De plus, le 2 et le 10 novembre 1902, après le dernier contact nettement constaté, les disques se ressoudèrent et restèrent ainsi collés l'un à l'autre pendant 4 à 6 minutes.

Enfin, le 21 novembre et le 10 décembre 1902, ainsi que le 14 mars 1908, les satellites en contact parurent entourés d'une enveloppe vaporeuse, alors que les autres satellites ne présentaient nullement cet aspect.

Dans les prochaines occultations, en 1914, il sera bon d'étudier attentivement, au voisinage des contacts, les variations d'éclat du satellite le plus éloigné; on pourra, il me semble, en tirer d'utiles renseignements sur l'existence d'une atmosphère propre à chaque satellite.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions fondamentales des équations différentielles linéaires du second ordre et sur le développement d'une fonction arbitraire. Application de la théorie des formes quadratiques à une infinité de variables.* Note (¹) de M. **Léon Lichtenstein**, présentée par M. Émile Picard.

Soit $p(x)$ une fonction continue positive, admettant les dérivées continues des deux premiers ordres.

Soient $q(x)$ et $k(x)$ des fonctions continues, λ un paramètre. Considérons l'équation

$$\frac{d}{dx}\left(p\frac{dy}{dx}\right)+(q+\lambda k)y=0. \tag{1}$$

La détermination des valeurs exceptionnelles de λ telles que l'équa-

(¹) Présentée dans la séance du 25 mars 1913.

tion (1) possède des solutions différentes de zéro satisfaisant aux conditions déterminées aux limites a fait, depuis l'apparition des Mémoires bien connus de Sturm et de Liouville, l'objet de nombreux travaux importants.

Citons en premier lieu le Mémoire célèbre de H. Poincaré *Sur les équations de la Physique mathématique* et les recherches classiques de M. Picard (*Comptes rendus*, 19 février 1894, et *Traité d'Analyse*, t. III, p. 114-128) reprises sous un point de vue un peu différent dans un Mémoire plus récent de *Rendiconti* (1906). En supposant $p=1$ et posant de plus $q=0$, $k>0$, M. Picard démontra l'existence d'une suite infinie positive de valeurs λ_1, λ_2, ... du paramètre λ et d'une suite de fonctions fondamentales $y_1(x)$, $y_2(x)$, ... correspondantes, telles que

$$y_i(0)=y_i(\pi)=0 \qquad (i=1, 2, \ldots). \tag{2}$$

Des travaux ultérieurs, citons ceux de M. Kneser (*Math. Annalen*, t. LVIII, p. 60-63), un Mémoire de M. Masson (*Trans. of the Amer. Mat. Society*, 1906), de nombreuses Notes de M. Stekloff, la Thèse de M. Haar (*Math. Annalen*, 1910) et la *Tesi d'abilitazione* de M. Picone (Pisa, 1909).

Dans ses recherches classiques sur les équations intégrales, M. Hilbert réduit l'étude de l'équation (1) à celle d'une équation intégrale du type polaire en supposant $q(x)<0$ et la fonction $k(x)$ continue *n'ayant qu'un nombre fini de zéros*. Il démontre de plus que chaque fonction continue ayant les dérivées continues des quatre premiers ordres et satisfaisant aux conditions déterminées supplémentaires peut être développée en une série uniformément convergente suivant les fonctions fondamentales.

Posons $p(x)\equiv 1$, $q(x)\leqq 0$ (*ou même positive et suffisamment petite*), $k(x)$ continue et *absolument quelconque* et signalons le théorème fondamental suivant :

Il existe une suite infinie de valeurs exceptionnelles λ_1, λ_2, ... telles que pour $\lambda=\lambda_i$ l'équation (1) possède une solution $y_i(x)$ continue avec ses dérivées de deux premiers ordres et satisfaisant à la relation (2). Les fonctions $y_i(x)$ vérifient les relations

$$\int_0^{\pi} k(x)\,y_i(x)\,y_j(x)\,dx = 0 \quad (i\neq j), \qquad = \frac{\lambda_i}{|\lambda_i|} \quad (i=j). \tag{3}$$

Supposons pour abréger que $k(x)$ ne s'annule identiquement dans aucun intervalle situé dans $(0, \pi)$.

Chaque fonction susceptible d'être développée en une série trigonométrique $\sum_i f_i \sin ix$ *avec* $\sum i^2 f_i^2$ *convergente, ou, ce qui est la même chose, continue, possédant une dérivée à carré sommable et vérifiant les relations*

$$f(x)=\int_0^x \frac{df(x)}{dx}\,dx, \qquad f(0)=f(\pi)=0,$$

peut être développée en une série uniformément convergente,

$$f(x)=\sum_i \frac{\lambda_i}{|\lambda_i|}\,y_i(x)\int_0^\pi k(z)\,f(z)\,y_i(z)\,dz. \tag{4}$$

Pour la démonstration j'ai recours à la théorie des formes quadratiques à une infinité de variables créée par M. Hilbert.

Supposons dans ce qui suit, pour abréger, $p \equiv 1$, $q \equiv 0$, et prenons pour point de départ l'équation

$$\int_0^\pi \left[\frac{dy}{dx}\frac{dv}{dx} - \lambda\, k(x)\,y(x)\,v(x)\right] dx = 0, \tag{5}$$

$v(x)$ désignant une fonction quelconque ayant les dérivées continues de deux premiers ordres et s'annulant pour $x=0$ et $x=\pi$. Prolongeons les fonctions $k(x)$, $y(x)$ et $v(x)$ au delà de l'intervalle $(0,\pi)$ conformément aux équations

$$\begin{aligned} &k(-x) = k(x), &&y(-x) = -y(x), &&v(-x) = -v(x),\\ &k(x+2\pi) = k(x), &&y(x+2\pi) = y(x), &&v(x+2\pi) = v(x). \end{aligned}$$

Pour les limites de l'intégrale (5) on peut alors prendre les valeurs 0 et 2π. Posons

$$y(x)=\sum_i \frac{X_i}{i}\sin ix, \qquad v(x)=\sum_i \frac{Y_i}{i}\sin ix. \tag{6}$$

On trouve successivement :

$$\left\{\begin{aligned} &\frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi}\frac{dy}{dx}\frac{dv}{dx}\,dx = \sum_i X_i Y_i = (X, Y),\\ &\frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} k(x)\,y(x)\,v(x)\,dx = \frac{1}{\pi}\sum_{i,j}\frac{X_i Y_j}{ij}\int_0^{2\pi} k(s)\sin is \sin js\,ds = K(X, Y), \end{aligned}\right. \tag{7}$$

$$(X, Y) - \lambda\, K(X, Y) = 0. \tag{8}$$

K(X, Y) est une forme bilinéaire symétrique totalement continue. De la théorie bien connue de M. Hilbert résulte presque immédiatement l'existence d'une infinité dénombrable de valeurs exceptionnelles $\lambda_1, \lambda_2, \ldots$ (en général positives et négatives). Dans le cas particulier où $k(x)$ ne s'annule identiquement dans aucun intervalle, la forme K(X, Y) est *fermée*. Alors il existe une infinité dénombrable de formes linéaires

$$L^{\alpha}(X) = l_1^{\alpha} X_1 + l_2^{\alpha} X_2 + \ldots \qquad (\alpha = 1, 2, \ldots), \tag{9}$$

constituant une suite orthogonale normée et fermée. On a identiquement

$$(X, Y) = \sum_{\alpha} L^{\alpha}(X) L^{\alpha}(Y). \tag{10}$$

Soit

$$y_{\alpha}(x) = \sqrt{\frac{2|\lambda_{\alpha}|}{\pi}} \sum_i \frac{l_i^{\alpha}}{i} \sin ix; \tag{11}$$

les $y_{\alpha}(x)$ sont les fonctions fondamentales appartenant à l'équation (1) et aux conditions aux limites (2). Posons

$$\sum_i \frac{X_i}{i} \sin ix = g(\xi, x), \qquad \sum_i \frac{Y_i}{i} \sin ix = f(x), \tag{12}$$

$g(\xi, x)$ désignant la fonction de Green de l'équation $\frac{d^2y}{dx^2} = 0$ s'annulant pour $x = 0$ et $x = \pi$. De (10), (11) et (12) résulte facilement la relation cherchée (4).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un théorème de Laguerre.*
Note de M. **Georges Pólya**, présentée par M. Émile Picard.

1. On doit à Laguerre (*Œuvres*, I, p. 28) le théorème suivant :

Soit l'intégrale réelle

$$f(x) = \int_0^{\infty} \varphi(\lambda) e^{-\lambda x} d\lambda,$$

convergente pour $x > x_0$, *et soit la fonction* $\varphi(\lambda)$ *telle qu'on puisse partager l'intervalle* $(0, \infty)$ *en* $V + 1$ *intervalles, de manière que :*

1° $\varphi(\lambda)$ *ne soit identiquement nul dans aucun des* $V + 1$ *intervalles ;*

2° $\varphi(\lambda)$ *soit de même signe dans chacun séparément ;*

3° $\varphi(\lambda)$ *soit de signe contraire dans deux intervalles voisins.*

Ces hypothèses remplies, la fonction $f(x)$ a au plus V *racines supérieures à x_0.*

La démonstration du théorème, donnée par Laguerre, ne me paraît pas suffisante ([1]), mais on peut le démontrer en toute rigueur par la méthode classique que Laguerre employait pour les séries (*Œuvres*, I, p. 3 et 144).

Le théorème est évident pour $V = 0$; nous le supposerons démontré pour $V = n - 1$. La fonction $\varphi(\lambda)$ ayant précisément $n + 1$ *intervalles de signe constant*, soit λ_0 l'extrémité commune des deux intervalles voisins de signe constant. Si la fonction $f(x)$ avait r racines supérieures à x_0, la fonction $f^\star(x)$

$$f^\star(x) = \frac{d}{dx} e^{\lambda_0 x} f(x) = e^{\lambda_0 x} \int_0^\infty (\lambda_0 - \lambda) e^{-\lambda x} \varphi(\lambda)\, d\lambda,$$

en aura *au moins* $r - 1$; c'est une conséquence simple du théorème de Rolle.

D'autre part, la fonction $(\lambda_0 - \lambda)\varphi(\lambda)$ a précisément $(n - 1) + 1$ intervalles de signe constant; le théorème étant supposé démontré pour $V = n - 1$, $f^\star(x)$ a *au plus* $n - 1$ racines supérieures à x_0.

D'où l'on conclut

$$r - 1 \leqq n - 1 \qquad \text{ou} \qquad r \leqq n = V. \qquad \text{C. Q. F. D.}$$

Si la fonction $\varphi(\lambda)$ est continue, V est au plus égal au nombre des racines positives de $\varphi(\lambda)$. On tire des formules

$$\int_0^\lambda \varphi(\lambda)\, d\lambda = \Phi(\lambda), \qquad f(x) = x \int_0^\infty \Phi(\lambda) e^{-\lambda x}\, d\lambda$$

(dont la dernière est valable pour $x > x_0$, $x > 0$) la forme habituelle du théorème, donnée par Laguerre (*loc. cit.*).

En partant de ce théorème, on comblera aisément quelques lacunes que Laguerre a laissées dans les démonstrations de quelques autres théorèmes; mais je préfère donner des applications nouvelles.

([1]) On a la proposition : « Si les fonctions réelles analytiques $f_1(x)$, ..., $f_n(x)$, ... convergent vers la fonction réelle analytique $f(x)$, uniformément dans un domaine qui comprend l'intervalle (a, b), et si, en commençant par un certain indice, toutes ces fonctions $f_1(x)$, ..., $f_n(x)$, ..., ont *au moins* r racines dans l'intervalle (a, b), $f(x)$ y aura aussi *au moins* r racines. » Cette proposition deviendrait fausse si l'on disait *au plus* au lieu de *au moins* $\left(\text{on pose, par exemple, } f_n(x) = (x-1)^2 + \frac{1}{n^2}\right)$; or Laguerre semble supposer l'exactitude de cette proposition.

2. Je vais transformer la formule d'interpolation de Lagrange; $f(x)$ désignant un polynome réel de degré n, on a, pour $x > nh$,

$$\frac{n!\,f(x)}{\frac{x}{h}\left(\frac{x}{h}-1\right)\left(\frac{x}{h}-2\right)\cdots\left(\frac{x}{h}-n\right)}=\sum_{\nu=0}^{n}(-1)^{n-\nu}\binom{n}{\nu}\frac{f(\nu h)}{\frac{x}{h}-\nu}$$
$$=h\int_0^{\infty}\Psi(e^{-\lambda h})e^{-\lambda(x-nh)}\,d\lambda,$$

$\Psi(x)$ désignant le polynome de degré n suivant :

$$f(nh)-\binom{n}{1}f[(n-1)h]x+\binom{n}{2}f[(n-2)h]x^2-\ldots+(-1)^n f(0)x^n.$$

Tout pareillement, pour $x > 0$, on a

$$\frac{(-1)^n n!\,f(-x)}{\frac{x}{h}\left(\frac{x}{h}+1\right)\cdots\left(\frac{x}{h}+n\right)}=h\int_0^{\infty}e^{-\lambda nh}\,\Psi(e^{\lambda h})e^{-\lambda x}\,d\lambda.$$

De ces formules on conclut : *Le nombre des racines de $f(x)$, supérieures à nh, est au plus égal au nombre des racines de $\Psi(x)$, comprises entre* 0 *et* 1, *et le nombre des racines négatives de $f(x)$ est au plus égal au nombre des racines de $\Psi(x)$, supérieures à* 1. *Si $f(0)$, $f(nh)$, $\Delta^n f(0)$ sont différentes de zéro, les nombres des racines correspondantes de $f(x)$ et de $\Psi(x)$ sont de même parité.*

De ce théorème découle une foule de règles pratiques, connues ou nouvelles, pour déterminer le nombre des racines réelles de $f(x)$, les valeurs de $n+1$ ordonnées équidistantes étant données. En particulier, on se servira d'une méthode de Laguerre (*Œuvres*, I, p. 16); $g(x)=\Sigma a_n x^n$ désignant un polynome, ou même une série de puissance réelle, et les nombres $A_n^{(k)}$ étant définis par les formules récurrentes

$$A_n^{(0)}=a_0+a_1+\ldots+a_n,\qquad\ldots,\qquad A_n^{(k)}=A_0^{(k-1)}+A_1^{(k-1)}+\ldots+A_n^{(k-1)},$$

on forme le Tableau infini à double entrée :

$$(\mathrm{L})\qquad\left|\begin{matrix}a_0 & a_1 & a_2 & a_3 & \ldots\\ A_0^{(0)} & A_1^{(0)} & A_2^{(0)} & A_3^{(0)} & \ldots\\ A_0^{(1)} & A_1^{(1)} & A_2^{(1)} & A_3^{(1)} & \ldots\\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots\end{matrix}\right|.$$

On trouve une limite supérieure pour le nombre des racines de $g(x)$, comprises entre 0 et 1, en comptant les variations dans les différentes

lignes du Tableau (L). La limite donnée par une ligne quelconque est au moins aussi bonne que celle donnée par la ligne précédente, et il y a une ligne qui donne la limite exacte ([1]). La deuxième ligne du Tableau (L), formée pour $\Psi(x)$ ou pour $x^n\Psi\left(\frac{1}{x}\right)$, donne une proposition de Laguerre (*Œuvres*, I, p. 157), et la première ligne du Tableau (L), formée pour

$$\Psi(1-x)=\Delta^n f(0)+\binom{n}{1}\Delta^{n-1}f(0)x+\ldots+f(0)x^n,$$

donne une proposition de Capelli et de M. Runge ([2]).

3. D'une formule connue de la théorie des séries de Facultés ([3]), on tire le théorème : *Le Tableau* (L) *étant formé avec les coefficients* $a_0, a_1, \ldots a_n, \ldots$ *de la série*

$$R(x)=\sum_0^\infty \frac{n!\,a_n}{x(x+1)\ldots(x+n)},$$

les variations des différentes lignes donnent une limite supérieure pour le nombre des racines positives de $R(x)$.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur une série de surfaces dont une famille de lignes de courbure est constituée par des hélices indéformables.* Note ([4]) de M. **Barré**, présentée par M. Appell.

Soient

$$(1)\qquad x=\int_0^s \cos\chi(s)\,ds,\quad y=\int_0^s \sin\chi(s)\,ds,\quad z=\mathrm{K}s\quad (\mathrm{K},\ \text{constante non nulle}),$$

les équations de l'hélice mobile génératrice; p, q, r les composantes de la rotation; u, v, w celles de la translation du trièdre de référence auquel elle

([1]) Sous certaines conditions, remplies toujours pour un polynome. (Fekete et Pólya, *R. d. C. M. di Palermo*, t. XXXIV, p. 89-120.)

([2]) Capelli, *Analisi algebrica*, Napoli 1909, p. 580-586. — Runge, *Praxis der Gleichungen*, Leipzig 1900, p. 105-108.

([3]) Nielsen, *Gammafunktion*, Leipzig 1906, p. 239-241.

([4]) Présentée dans la séance du 25 mars 1913.

est liée, et

$$(2)\quad \begin{cases} L = u + qKs - r\displaystyle\int_0^s \sin\chi(s)\,ds, \qquad M = v - pKs + r\displaystyle\int_0^s \cos\chi(s)\,ds, \\ N = w + \displaystyle\int_0^s (p\sin\chi - q\cos\chi)\,ds. \end{cases}$$

La méthode rappelée dans la Note insérée dans les *Comptes rendus* (13 mai 1912) nous conduit aux résultats suivants que je me borne à énoncer.

La condition nécessaire et suffisante pour que l'hélice génératrice indéformable constitue une famille de lignes de courbure de la surface qu'elle engendre est que la relation

$$(3)\quad \begin{aligned} &[N - K(L\cos\chi + M\sin\chi)] \\ &\quad\times \{\chi'(KN + L\cos\chi + M\sin\chi) - (K^2+1)[r - K(p\cos\chi + q\sin\chi)]\} \\ &\qquad + (K^2+1)^2(p\sin\chi - q\cos\chi)(M\cos\chi - L\sin\chi) = 0 \end{aligned}$$

soit identiquement vérifiée. On est conduit à séparer d'abord le cas où le plan de base de l'hélice mobile conserve une direction fixe. Alors p et q sont nuls. Nous nous limiterons désormais dans cette Note à l'examen de ce cas.

Surfaces engendrées par une hélice indéformable de même direction d'axe et qui reste constamment une ligne de courbure de la surface qu'elle engendre. — I. En éloignant le cas des surfaces d'égale pente dont la génératrice rectiligne est une solution du problème qui nous occupe, l'équation (3) se réduit alors à la suivante :

$$(4)\quad L\cos\chi + M\sin\chi + Kw - (K^2+1)\frac{r}{\chi'} = 0.$$

En éliminant w et M entre l'équation (4) et celles qu'on en déduit par deux dérivations par rapport à s, on trouve une relation équivalente aux deux équations à une seule variable :

$$(5)\quad w = -\frac{a}{K}r \qquad (a \text{ const.});$$

$$(6)\quad (K^2+1)\frac{\chi''}{\chi'^3} = K^2 s + a\chi.$$

La relation (6) définit la génératrice; l'équation (4) et celles qu'on en déduit, comme il a été dit ci-dessus, donnent u et v, et l'on trouve le résultat suivant :

THÉORÈME. — *Les seules surfaces admettant une famille de lignes de courbure formée par des hélices indéformables de même direction d'axe sont des hélicoïdes* (admettant comme cas particulier, évident *a priori*, des sphères).

II. Passons maintenant à l'intégration de l'équation (6) :

1° Si $a = 0$, on trouve une surface de révolution qui ne peut être qu'une sphère, ce que montre une vérification directe. L'équation (6) s'intègre alors immédiatement une première fois et donne

$$(7) \qquad \rho = \frac{K}{(K^2+1)^{\frac{1}{2}}}(s_0^2 - s^2)^{\frac{1}{2}}.$$

(ρ rayon de courbure de la projection de l'hélice sur son plan de base, s_0 constante).

Cette équation intrinsèque est celle d'une épicycloïde. On voit sans peine qu'elle conduit pour l'hélice à des équations intrinsèques caractéristiques des hélices sphériques [cf. notre Mémoire : *Contribution à la théorie des hélices* (*Revue du Génie militaire*, 2e semestre 1910)]. Nous retrouvons ainsi en passant le résultat suivant :

La projection d'une hélice sphérique sur son plan de base est une épicycloïde.

2° Supposons maintenant $a \neq 0$. Posons alors

$$(8) \qquad \chi = \theta - \frac{K^2}{a}s,$$

l'équation en θ transformée de l'équation (6) s'intègre immédiatement une première fois et donne

$$(9) \quad (K^2+1)\left[\frac{1}{\theta' - \alpha} + \frac{1}{2}\frac{\alpha}{(\theta'-\alpha)^2}\right] + \frac{a}{2}\theta^2 + \frac{b}{2} = 0 \qquad \left(\alpha = \frac{K^2}{a},\ b \text{ const. arbit.}\right).$$

De cette équation on tire

$$(10) \quad \frac{d\theta}{ds} = \frac{\alpha\varepsilon R}{-(K^2+1)+\varepsilon R}\left[\varepsilon = \pm 1,\ R = \sqrt{(K^2+1)^2 - \alpha(K^2+1)(a\theta^2+b)}\right],$$

d'où, par des transformations dont nous ne donnerons pas le détail et en

remplaçant b par une autre constante arbitraire m [1], non-nulle,

$$(11)\quad \left\{\begin{aligned} x &= \frac{am}{K(K^2+1)^{\frac{1}{2}}}\int_0^{\chi}\cos\chi\cos\left[\frac{K}{(K^2+1)^{\frac{1}{2}}}\chi\right]d\chi - \frac{a}{K^2}\sin\chi \\ &= x_1 - \frac{a}{K^2}\sin\chi, \\ y &= \frac{am}{K(K^2+1)^{\frac{1}{2}}}\int_0^{\chi}\sin\chi\cos\left[\frac{K\chi}{(K^2+1)^{\frac{1}{2}}}\right]d\chi + \frac{a}{K^2}(\cos\chi - 1) \\ &= y_1 + \frac{a}{K^2}(\cos\chi - 1), \\ z &= \frac{a}{K}\left[m\sin\frac{K\chi}{(K^2+1)^{\frac{1}{2}}} - \chi\right], \\ s &= \frac{a}{K^2}\left[m\sin\frac{K}{(K^2+1)^{\frac{1}{2}}}\chi - \chi\right]. \end{aligned}\right.$$

Les intégrales qui figurent dans ces formules sont exprimables sans difficulté par les fonctions trigonométriques; nous ne nous y arrêterons pas et nous nous bornerons à tirer des formules (11) le résultat suivant :

La projection de la génératrice sur son plan de base est une courbe parallèle à une épicycloïde; cette projection est algébrique, lorsque $\frac{K}{(K^2+1)^{\frac{1}{2}}}$ est commensurable. Cette proposition se déduit immédiatement de la considération de l'équation intrinsèque de la courbe dont les coordonnées sont les fonctions x_1 et y_1 définies par les équations (11).

L'étude complète du mouvement hélicoïdal correspondant se ferait sans difficulté par la méthode développée dans le Mémoire précité en partant des relations

$$u = r\left[a + \frac{(K^2+1)}{\chi'(0)}\right], \qquad v = 0, \qquad w = -\frac{ar}{K}.$$

---

(1) $m^2 = \frac{K^2+1}{K^2} - \frac{b}{a}$. La supposition $m = 0$ donnerait une hélice circulaire associée à un mouvement qui ne ferait que la déplacer sur elle-même.

HYDRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la zone de formation des tourbillons alternés derrière un obstacle.* Note de M. **Henri Bénard**, présentée par M. P. Appell.

J'ai montré pour la première fois, en 1908, qu'il se forme deux files parallèles de centres de giration équidistants et alternés à la surface d'un liquide fendu par un obstacle prismatique vertical dont la vitesse est uniforme et parallèle à son plan de symétrie. Dans deux Notes présentées à l'Académie (¹) j'ai décrit la méthode optique et cinématographique employée et indiqué les lois expérimentales de cette périodicité.

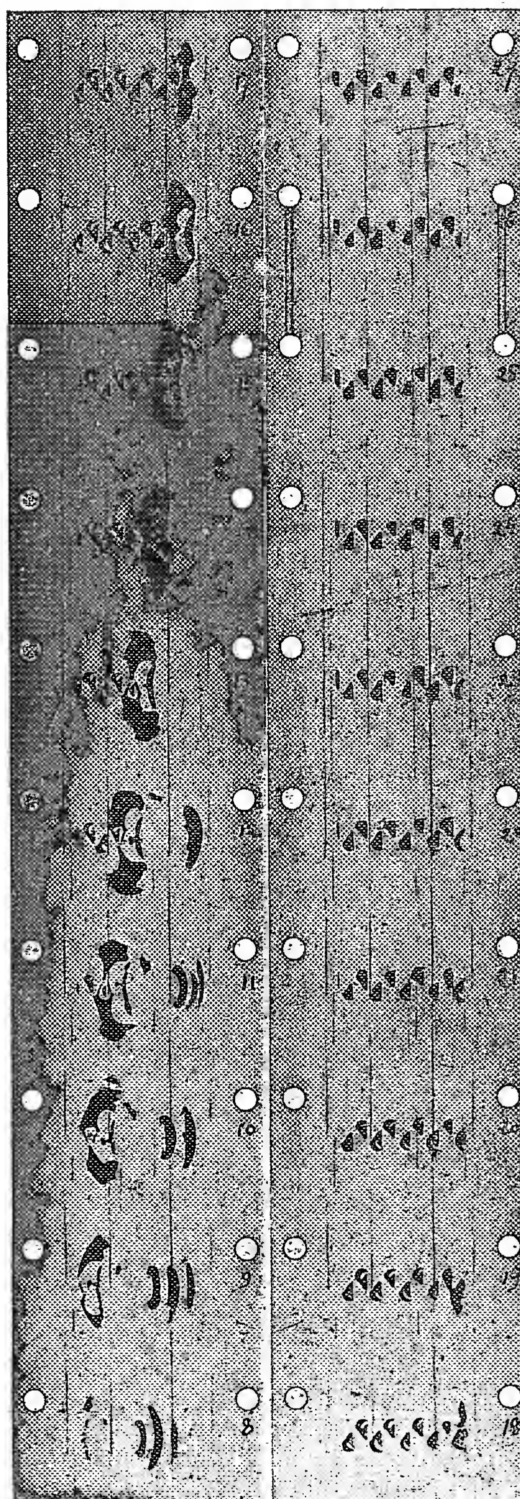
Depuis lors, plusieurs physiciens ont retrouvé le phénomène dans les liquides ou dans l'air, avec des formes de l'obstacle d'ailleurs moins particulières; la stabilité de ce système de tourbillons en échiquier a été aussi l'objet de recherches théoriques. J'ai poursuivi, de mon côté, à l'aide d'un microscope micrométrique à platine *ad hoc*, le dépouillement de mes films de Lyon (1908-1910). Le dispositif optique a subi un perfectionnement, grâce auquel chacune des cuvettes concaves de la surface libre donne par réfraction une petite image d'un segment de cercle lumineux, situé à l'infini dans la direction verticale, et limité par une corde perpendiculaire à la direction de translation de l'obstacle. Cette corde fournit ainsi des repères rectilignes parfaitement nets, qui, pointés à 5^{μ} près sur le film, indiquent à $0^{mm},02$ près, en vraie grandeur, l'emplacement de chacun des tourbillons, à l'époque, exactement connue, où chaque image a été impressionnée. De plus, les déformations de ces petits segments de cercle renseignent sur la forme des dépressions qui les ont fournis.

La méthode ne donne pas les filets liquides, mais seulement le relief de la surface libre. J'en décrirai les traits généraux, les aspects variant naturellement beaucoup suivant la vitesse et la forme de l'obstacle, et la viscosité du liquide. On peut suivre cette description sur les deux films reproduits (en négatif), qui ne diffèrent que par le sens de la lumière, venue de l'avant pour le n° 261 et de l'arrière pour le n° 259.

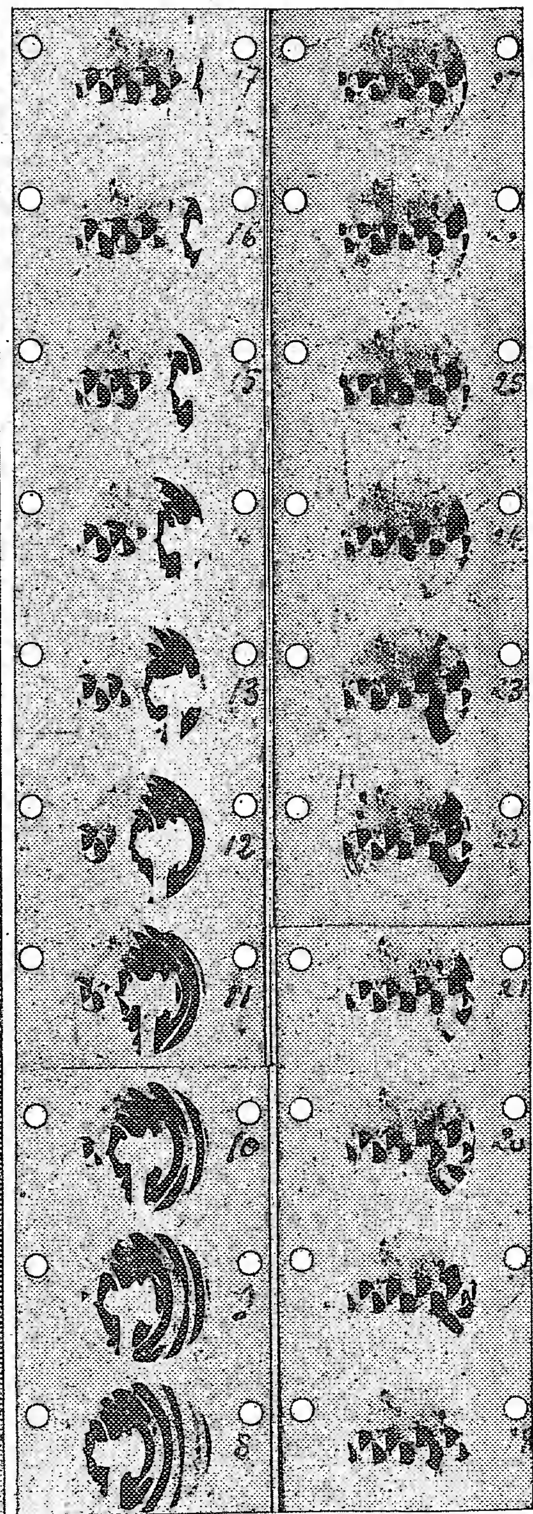
Le liquide est de l'eau sucrée ($c = 20^{g},3$ pour 100^{cm^3}), à $+17^{\circ},2$. L'obstacle (n° 22), long de $1^{cm},96$, large de $0^{cm},20$, immergé sur une hauteur de 6^{cm}, est limité à la proue par un dièdre de 22°, et à la poupe par un plan vertical; sa vitesse est $17^{cm},43$ par seconde pour le film 261, et $17^{cm},16$ par seconde pour le film 259.

Près de l'obstacle, la surface libre, déprimée, forme une sorte d'*arène* à fond presque plat; la partie antérieure, symétrique et indéformable, est limitée par le

(¹) 9 et 23 novembre 1908. Sur la figure, une erreur dans le dessin a inversé le sens de rotation des tourbillons de la file de gauche.



Film n° 261 (images 8 à 27).



Film n° 259 (images 8 à 27).

bourrelet et les rides capillaires qui précèdent la proue, et latéralement par des *gradins* courbes, en amphithéâtre, descendant tous vers la poupe (donc invisibles sur le film 261). Le fond de cette arène, derrière la poupe, est occupé par deux dépressions jumelles, ovalisées, très plates vers l'arrière, à courbures plus accentuées contre la poupe, séparées l'une de l'autre par une courte crête médiane, qui participe déjà aux vibrations de la zone vibrante. Enfin, à l'arrière, cette arène est limitée brusquement par un haut *seuil* abrupt (donc invisible sur le film 259), séparé en deux tronçons symétriques, qui forment l'un avec l'autre un angle obtus, ouvert en arrière, mais ne se raccordent pas.

C'est cette brèche médiane, dissymétrique, séparant les deux tronçons du seuil post-poupe, qui constitue toujours la zone vibrante. où se forment les tourbillons alternés; à deux instants séparés par une demi-période, les aspects de cette zone sont exactement symétriques l'un de l'autre par rapport au plan de symétrie de l'obstacle. Chacun des deux tronçons du seuil, à tour de rôle, se bifurque pour loger entre les deux branches de la fourche la cuvette concave d'un tourbillon nouveau, alternativement dextrogyre ou sénestrogyre. On voit, sur le film 261, que l'intervalle écoulé entre deux images consécutives est, à très peu près, d'une demi-période.

Aux faibles vitesses (cas de la figure), les deux tronçons du seuil se recourbent latéralement vers l'avant, de façon à se raccorder aux gradins courbes et à fermer l'arène, dont le contour a la forme d'un rein. Aux vitesses plus grandes, les deux tronçons, sensiblement rectilignes, du seuil ne rejoignent plus les gradins dans le champ photographié, mais leur deviennent parallèles, et divergent, en formant l'arrière du sillage, que les branches divergentes du bourrelet ante-proue limitent d'autre part.

PHYSIQUE. — *Sur l'entraînement du support dans les observations du pendule.* Note de M. **Ernest Esclangon**, présentée par M. P. Appell.

Longtemps négligé dans les observations du pendule, l'entraînement du support conduit à des corrections importantes, couramment de l'ordre de $0^s,0000050$, dix fois supérieures aux erreurs d'observation.

Peirce et Cellerier ont donné, pour la correction à effectuer de ce fait sur la durée d'oscillation observée, la formule

$$dT = -\pi\sqrt{\frac{\lambda}{g}}\,\frac{1}{k}\,\frac{Mgh}{2\lambda^2}; \tag{1}$$

M est la masse du pendule, λ la longueur du pendule simple synchrone, h la distance du centre de gravité à l'axe de suspension, k le *coefficient statique* de flexion, c'est-à-dire le rapport (constant dans les limites d'application) entre une force horizontale connue F appliquée au support (au niveau du point de suspension), et le déplacement correspondant et très petit p; *k est un nombre très grand.*

Plantamour a distingué deux coefficients de flexion : le coefficient k qu'on vient de définir et le *coefficient dynamique* donné par l'expérience dynamique qui consiste à

mesurer les déplacements du support pendant les oscillations mêmes, sous l'effort, facile à calculer, du pendule en mouvement. L'expérience montre une différence très notable entre la valeur de ces deux coefficients, et l'on a longtemps hésité pour savoir lequel devait figurer dans la formule de correction.

Defforges étudiant *expérimentalement* le problème, en évaluant directement la correction avec divers pendules et des élasticités variant dans le rapport de 1 à 80, a montré que c'est le coefficient statique k qui doit entrer dans la formule (1).

Peirce et Cellerier n'ont introduit dans le calcul de cette formule ni la masse du support, ni la phase possible des deux mouvements oscillatoires, supposant que le support obéit instantanément, sans retard et sans période propre d'oscillation, à l'effort du pendule en mouvement.

Je me propose d'établir dans cette Note : d'une part que c'est effectivement le coefficient statique k qui doit entrer dans la formule (1), d'autre part que *la correction ne dépend ni de la masse du support ni du frottement intérieur* qui tend à amortir ses oscillations.

En effet, désignons par p le déplacement du support au niveau de la suspension, par q le *glissement* du pendule [1] sur son support, de sorte que $p+q$ représente à l'instant t l'abscisse du point de suspension. Soit Φ la réaction normale (positive vers le haut), F la réaction tangentielle, appliquées au pendule, N le couple de frottement de roulement, M la masse du pendule. Les théorèmes de la Mécanique donnent immédiatement, en négligeant les cubes des amplitudes du mouvement oscillatoire du pendule,

$$h\theta'' + p'' + q'' = \frac{F}{M}, \tag{2}$$

$$h(\theta\theta'' + \theta'^2) = \frac{\Phi}{M} - g, \tag{3}$$

$$\lambda\theta'' + g\theta + p'' + q'' = N \tag{4}$$

et, pour le mouvement du support,

$$\mu p'' + k_1 p' + kp + F = 0. \tag{5}$$

où k est le coefficient statique, k_1 un coefficient correspondant au frottement moléculaire, μ un coefficient correspondant à l'inertie ou masse de support (μ, k, k_1, positifs).

Si l'on étudie expérimentalement le mouvement du support, libéré du pendule, on constate qu'écarté de sa position d'équilibre, il revient au repos dans un temps inappréciable, ce qui conduit à admettre que k et k_1 sont très

(1) Les quantités p et q sont toujours très petites, à peine des fractions de micron.

grands par rapport à μ, k étant d'ailleurs habituellement grand par rapport à k_1 ; enfin μ est lui-même très grand par rapport à la masse M du pendule.

On peut d'abord négliger le frottement de roulement qui agit seulement sur l'amplitude sans altérer la durée d'oscillation. L'expérience montre en outre que le glissement q est sensiblement proportionnel à θ ([1]) et que l'on peut poser $q = n\theta$ (n très petit). On tire alors des équations précédentes

$$M(h+n)\theta'' + (M+\mu)p'' + k_1 p' + kp = 0,$$
$$(\lambda + n)\theta'' + g\theta + p'' = 0.$$

L'équation caractéristique de ce système d'équations différentielles

$$\frac{M(h+n)r^2}{(\lambda+n)r^2+g} = \frac{(M+\mu)r^2 + k_1 r + k}{r^2}$$

admet toujours deux racines imaginaires, $-\rho \pm \omega i$, voisines de $\pm i\sqrt{\frac{g}{\lambda}}$, et l'on a, en négligeant les termes en n^2, $\frac{1}{k^2}$ et $\frac{n}{k}$,

$$\rho = +\frac{1}{k}\left(\frac{k_1}{k}\right)\frac{Mg^2h}{2\lambda^3}, \qquad \omega = \sqrt{\frac{g}{\lambda}}\left(1 - \frac{n}{2\lambda} - \frac{1}{k}\frac{Mgh}{2\lambda^2}\right).$$

Les deux autres racines peuvent être réelles ou imaginaires, mais dans tous les cas *leurs parties réelles* sont toujours des *nombres négatifs très grands*. Il en résulte que, dans l'expression de θ en fonction de t, les composantes correspondantes sont rapidement amorties, θ se réduisant sensiblement, au bout d'un temps très court, à la seule composante

$$\theta = ae^{-\rho t}\cos(\omega t + \alpha).$$

La durée d'oscillation devient donc égale à

$$T = \frac{\pi}{\omega} = \pi\sqrt{\frac{\lambda}{g}}\left(1 + \frac{n}{2\lambda} + \frac{1}{k}\frac{Mgh}{2\lambda^2}\right).$$

([1]) Sans doute que dans la réalité le glissement se fait d'une manière un peu moins simple et probablement discontinue; toutefois un examen plus approfondi montre que cette circonstance ne modifie en rien la nature des conclusions relatives à la correction d'entraînement du support.

Les inconnues sont en nombre supérieur d'une unité à celui des équations, mais les lois habituelles du frottement de glissement sont d'une application douteuse dans ce glissement microscopique, sous la dépendance des phénomènes intimes d'élasticité qui se passent au contact du pendule avec son support; aussi sa détermination expérimentale, même approximative, constitue-t-elle la méthode la plus sûre pour éliminer la variable q qui figure en quelque sorte en trop dans les équations.

La quantité $-\pi\sqrt{\frac{\lambda}{g}}\frac{n}{2\lambda}$ représente la *correction de glissement*; la quantité $-\pi\sqrt{\frac{\lambda}{g}}\frac{1}{k}\frac{Mgh}{2\lambda^2}$ la *correction d'entraînement* du support, celle-ci dépendant seulement de k, indépendante aussi bien de μ que de k_1, au moins autant que k_1 reste relativement faible vis-à-vis de k et que la masse M du pendule reste petite vis-à-vis de μ. La phase possible des deux mouvements oscillatoires (pendule et support) reste indifférente.

Seule l'amplitude $ae^{-\rho t}$ est affectée par le frottement moléculaire et diminue lentement; elle reste indépendante de la masse d'inertie du support; un tel amortissement, toujours très faible, fournirait en outre, s'il pouvait être évalué isolément, la valeur du rapport $\frac{k_1}{k}$.

PHYSIQUE. — *Polarisation rotatoire magnétique de l'azote et de l'oxygène liquéfiés.* Note de M. J. CHAUDIER, présentée par M. E. Bouty.

La polarisation rotatoire magnétique des gaz liquéfiés a été seulement étudiée dans le cas des gaz facilement liquéfiables [anhydre sulfureux (1), protoxyde d'azote et chlorure de méthyle (2)]; je me suis proposé, dans ces recherches, d'étendre l'étude de ce phénomène aux gaz difficilement liquéfiables et de mesurer le pouvoir rotatoire magnétique et la dispersion rotatoire de l'azote et de l'oxygène liquides, que l'industrie prépare actuellement très purs.

Dispositif. — J'ai employé le dispositif classique de Verdet et Becquerel, légèrement modifié : un nicol polariseur est placé à une extrémité du canal cylindrique creusé axialement dans un électro-aimant de Ruhmkorff; à l'autre extrémité, comme analyseur, se trouve un polariseur à pénombre de Cornu, dont les rotations se lisent sur un cercle divisé; une loupe permet d'observer nettement les demi-disques.

Cette permutation du polariseur et de l'analyseur du polarimètre Cornu-Duboscq, a pour but de rendre la netteté de la ligne de séparation des demi-disques, indépendante des changements de mise au point, dus à l'interposition des vases cylindriques de Dewar non argentés, entre les deux pôles de l'électro-aimant.

En renversant, dans chaque expérience, le sens du courant qui traverse l'électro-

(1) BICHAT, *Journal de Physique*, t. IX, 1880, p. 275.

(2) SIERTSEMA, *Communications from the Physical Laboratory of Leiden*, nos 57, 80 et 90.

aimant, on mesure le double de la rotation imprimée au plan de polarisation de la lumière. Le vernier donne la minute, et l'erreur d'observation est inférieure à 3 minutes pour chaque lecture : les résultats sont donc exacts à 3 minutes près. Les champs magnétiques utilisés sont compris entre 1500 et 3000 gauss.

Avec ce dispositif optique, il est nécessaire d'employer des sources de lumière monochromatique. Je me suis servi de la lampe Cooper-Hewitt à vapeur de mercure et d'écrans solides ou liquides appropriés, pour obtenir et isoler les radiations jaunes, vertes, violettes, de longueur d'onde bien définies. J'ai obtenu des radiations rouges et orangées sensiblement monochromatiques et de longueurs d'onde suffisamment exactes, en opérant avec la lumière émise par un tube à néon en activité, tamisée successivement par un verre rouge et une dissolution saturée de bichromate de potasse ; de même, les radiations bleues m'ont été fournies par un tube à hélium, dont les radiations jaunes étaient absorbées par une dissolution ammoniacale saturée de sulfate de cuivre.

Résultats. — Après chaque détermination, il faut retrancher des rotations observées, celles qui sont dues au verre du vase cylindrique ; ces corrections ne sont pas négligeables et varient de 18 à 41 minutes, selon le vase et la radiation employés.

Les résultats indiqués sont tous corrigés de cette rotation parasite :

1° J'ai d'abord vérifié, en lumière jaune du sodium, que la rotation magnétique du plan de polarisation était proportionnelle à l'intensité du champ et à l'épaisseur traversée, lorsque les liquides actifs étaient l'oxygène ou l'azote liquéfiés.

Les vases cylindriques de Dewar employés dans cette vérification avaient $1^{cm},8$, $2^{cm},6$, $4^{cm},1$ et 5^{cm} de diamètre intérieur.

2° J'ai mesuré, par rapport à la raie D et à 18°, le pouvoir rotatoire magnétique de l'azote et de l'oxygène liquéfiés ; ces substances agissent sur la lumière polarisée, dans un champ magnétique, dans le même sens que l'eau ; elles sont donc douées d'un pouvoir rotatoire magnétique *positif*.

Les pouvoirs rotatoires ρ^{D}_{Az} de l'azote et ρ^{D}_{O} de l'oxygène ont respectivement pour valeur, à 18° :

$$\rho^{D}_{Az} = 0,00415 = 0,415 \times 10^{-2},$$
$$\rho^{D}_{O} = 0,00782 = 0,782 \times 10^{-2}.$$

Le pouvoir rotatoire magnétique de l'oxygène est sensiblement double de celui de l'azote (¹).

(¹) L'azote liquide est paramagnétique, comme l'oxygène, quoique à un degré moindre. Cette propriété se manifeste très nettement dans un champ magnétique non uniforme, dans lequel l'azote est attiré aux points où l'intensité du champ est maxima ; dans le vase cylindrique, la surface du liquide prend alors la forme extérieure d'une lyre plus ou moins allongée, selon l'éloignement du liquide et l'intensité du champ.

A la même température et pour la raie D, le pouvoir rotatoire magnétique du sulfure de carbone $\rho^{D}_{CS^2}$ a pour valeur :

$$\rho^{D}_{CS^2} = 0,042 = 4,2 \times 10^{-2}.$$

3° J'ai étudié la dispersion rotatoire magnétique de ces deux gaz liquéfiés ; les résultats obtenus avec des radiations de diverses longueurs d'onde sont inscrits dans le Tableau suivant :

	λ en μμ.	626. (moyen)	610. (moyen)	589.	578.	546.	501.	436.
	$\frac{(\lambda_D)^2}{\lambda}$	0,885	0,932	1	1,038	1,164	1,340	1,825
Azote..............	$\frac{\rho}{\rho_D}$	0,871	0,935	1	1,043	1,172	1,355	1,860
Oxygène...........	$\frac{\rho}{\rho_D}$	0,897	0,948	1	1,062	1,103	1,118	1,319
Sulfure de carbone..	$\frac{\rho}{\rho_D}$	0,863	»	1	1,170	1,221	»	2,190
Chlorure de méthyle, liq. (Siertsema)...	$\frac{\rho}{\rho_D}$	0,90	»	1	»	1,17	»	1,90

De l'examen de ce Tableau, où j'ai ajouté la dispersion rotatoire magnétique du sulfure de carbone et celle du chlorure de méthyle liquéfié (Siertsema), il résulte les conséquences suivantes :

a. L'azote obéit à la loi de l'inverse du carré de la longueur d'onde, et ne s'en écarte que pour les radiations de courte longueur d'onde ; sa dispersion rotatoire magnétique est voisine de celle du chlorure de méthyle ; elle est moins grande que celle du sulfure de carbone qui, d'ailleurs, ne suit pas la loi de Biot.

b. L'oxygène possède une faible dispersion rotatoire magnétique et n'obéit pas à la loi de l'inverse du carré de la longueur d'onde, mais l'écart est en sens inverse de celui que présente le sulfure de carbone.

Remarque. — L'étude de la dispersion rotatoire des gaz conduit à des résultats analogues aux précédents pour l'azote et l'oxygène, à l'état gazeux (1).

---

(1) BECQUEREL, *Journal de Physique*, t. IX, 1880, p. 265.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur les images multiples que présentent les rayons de Röntgen après avoir traversé des cristaux.* Note de M. M. DE BROGLIE, présentée par M. E. Bouty.

MM. Friedrich et Knipping et M. Laue ([1]) ont découvert des apparences de diffraction dans le passage des rayons X à travers les cristaux; j'ai obtenu, en employant sensiblement le même dispositif, les résultats suivants :

1° Les diagrammes relatifs à des cristaux différents (blende, fluorine, sel gemme, magnétite) appartenant au même système sont les mêmes quant à la position des images secondaires (résultat également observé, je crois, par M. Laue et ses collaborateurs depuis leur premier travail).

Cependant l'intensité relative des images n'est pas la même en passant d'un cristal à un autre; c'est ainsi que certaines images, très intenses avec le sel gemme, sont faibles avec la fluorine et inversement; à ce point de vue, la fluorine se rapproche plus de la blende que du sel gemme.

2° Le diagramme obtenu avec un cristal de sel gemme, plongé dans l'azote liquide, est le même que celui qui correspond à la température ordinaire; les images sont aussi nettes, mais ne le sont pas davantage, et il ne semble pas en apparaître de nouvelles. Ce résultat est intéressant au point de vue de l'explication du phénomène par une sorte de diffraction provenant du système réticulaire cristallin; il montre que les paramètres de ce réseau, qui ne sont définis qu'en moyenne à cause de l'agitation thermique, ne semblent pas éprouver de variations notables ni acquérir une signification plus précise, quand la température passe de 300° à 190° absolus.

3° Un cristal de sel gemme, traversé par les rayons de Röntgen perpendiculairement aux faces du cube, a été soumis à un champ magnétique transversal (parallèle à une arête du cube) de l'ordre de 10000 unités; le diagramme n'offre aucune différence avec celui que l'on obtient sans l'intervention du champ magnétique.

4° Une lame de magnétite, dont les faces sont parallèles à celles de l'octaèdre, a été disposée de façon à être traversée normalement par les rayons; on pouvait exciter un champ magnétique contenu dans le plan de la lame et parallèle à un côté du triangle qui limite la face de l'octaèdre.

([1]) LAUE, FRIEDRICH et KNIPPING, *Ber. der Kön. Bayerischen Akademie*, juin et juillet 1912.

Le diagramme obtenu n'a pas éprouvé de modification, lors de l'excitation du champ magnétique; il est juste d'observer que, conformément aux travaux de M. P. Weiss (1), la magnétite se comporte au point de vue magnétique comme isotrope pour les directions contenues dans une face d'octaèdre.

Cette expérience et la précédente relative au sel gemme montrent cependant qu'aussi bien dans un cristal magnétique que dans un cristal ordinaire, la symétrie particulière du champ magnétique ne réagit pas pour modifier la symétrie ternaire ou quaternaire des diagrammes obtenus.

La figure enregistrée dans le cas de la magnétite traversée par le faisceau incident suivant une normale aux faces de l'octaèdre (axe ternaire du réseau cubique) se rapproche de celle donnée par M. Laue et ses collaborateurs pour la blende semblablement orientée (2).

On y remarque d'une façon tout à fait frappante et beaucoup plus marquée que sur la figure 8 du Mémoire cité, la disposition des taches en courbes ovoïdes passant par le centre de figure. M. Wulff (3) a fait remarquer que la théorie permettait de s'attendre à trouver des ellipses ainsi disposées; l'aspect des clichés est certainement favorable à ce point de vue.

La comparaison des diagrammes de la magnétite et de la blende montre encore que la nature du cristal se fait sentir sur les intensités relatives des images.

Enfin le fait de la persistance des images quand le cristal et la région que traversent les rayons secondaires sont plongés dans un champ magnétique déjà assez intense, indique bien que les rayons secondaires qui produisent les images sont du type γ ou Röntgen, ainsi du reste que l'indique leur pénétration.

PHOTOCHIMIE. — *Énergie absorbée dans les réactions photochimiques.* Note (4) de MM. **Victor Henri** et **René Wurmser.**

Pour comparer entre elles les diverses réactions photochimiques et établir leur mécanisme énergétique, il est important de déterminer, sur un grand nombre d'exemples, la quantité d'énergie de rayonnement que doit

(1) *Journal de Physique*, 1896, p. 345.
(2) Laue, Friedrich et Knipping, *loc. cit.*, Tableau III, *fig.* 7 et 8.
(3) Wulff, *Physik. Zeitschrift*, 15 mars 1913, p. 217.
(4) Présentée dans la séance du 25 mars 1913.

absorber une molécule pour que la réaction ait lieu. En s'appuyant sur la théorie des *quanta*, Einstein a énoncé la loi générale de l'équivalent photochimique : la quantité d'énergie qui doit être absorbée par molécule pour qu'il y ait réaction chimique est égale à un quantum d'énergie, c'est-à-dire à la valeur $h\nu$, où h est la constante de Planck, soit $6,5.10^{-27}$, et ν la fréquence de la radiation incidente. Le raisonnement d'Einstein suppose que les molécules réagissent indépendamment les unes des autres, c'est-à-dire que la réaction est monomoléculaire.

Nous présentons les résultats d'expériences faites sur la décomposition photochimique de l'eau oxygénée et l'hydrolyse de l'acétone, ainsi que des calculs relatifs au minimum d'énergie capable de provoquer une sensation lumineuse.

Nous avons employé comme source de rayons ultraviolets une étincelle condensée de cadmium. Au moyen d'une pile de Rubens et d'une lampe Hefner, nous avons mesuré en valeur absolue l'énergie émise. Les valeurs obtenues de l'énergie reçue par une surface de 1^{cm^2}, à 1^m de distance de l'étincelle, sont les suivantes :

Raies du cadmium.	2144	2195	groupe 2266	groupe 2300	2469	2572	2748	2880-2980	3200-3600
Énergie en ergs:sec.	0,069	0,091	0,107	0,210	0,007	0,022	0,030	0,021	0,087

1° La concentration initiale de l'eau oxygénée était 0,037 normale, la distance à l'étincelle 4^{cm}, l'épaisseur de la couche liquide $0^{cm},2$ et la surface exposée 5^{cm^2}. On dosait après 5 minutes d'exposition avec une solution de permanganate. L'absorption de H^2O^2 a été mesurée quantitativement pour toutes les régions du spectre. Le Tableau suivant donne les valeurs de l'énergie absorbée :

Raies.	Proportion pour 100 d'énergie absorbée.	Énergie incidente en ergs : sec.	Énergie absorbée en ergs : sec.
2980-2880......	2,5	65,0	1,6
2748...........	8	94,5	7,6
2572...........	24	68,0	16,3
2469...........	41	21,7	8,9
2300-2288......	74	651,0	476,7
2265...........	80	331,7	265,3
2195...........	87	282,0	245,3
2144...........	92	213,9	196,8

En 1 seconde, 1218,5 ergs sont absorbés et $1,9.10^{16}$ molécules sont détruites. Par molécule transformée l'énergie est

$$E = 6,4.10^{-14}.$$

En prenant comme valeur moyenne de ν, $1,3.10^{15}$, on devrait trouver d'après la loi

d'Einstein pour E la valeur, environ 100 fois plus grande,

$$8,5.10^{-12}.$$

2° La solution d'acétone était normale, l'épaisseur $0^{cm},4$, la surface exposée $2^{cm^2},52$ et la distance à l'étincelle 3^{cm}. Après 15 minutes d'exposition, on dosait par iodométrie. Le Tableau suivant donne les valeurs de l'énergie absorbée :

Raies.	Proportion pour 100 d'énergie absorbée.	Énergie incidente en ergs : sec.	Énergie absorbée. en ergs : sec.
2980-2880...........	86	58,8	50,5
2748................	100	85,4	85,4
2572................	100	61,6	61,6
2469................	100	19,6	19,6
2300-2288...........	95	588,0	558,6
2265................	86	299,0	257,1
2195................	63	254,0	160,0
2144................	38	193,0	73,3

En 1 seconde, 1266 ergs sont absorbés et $2,3.10^{17}$ molécules sont détruits. On trouve

$$E = 5,5.10^{-15}.$$

En prenant $\nu = 1,15.10^{15}$, on devrait trouver, d'après la loi d'Einstein, une valeur environ 1000 fois supérieure

$$7,53.10^{-12}.$$

3° L'énergie tombant sur la pupille, suffisante pour produire une impression lumineuse, est, d'après Grijns et Noyers, $4,4.10^{-11}$ ergs. 8 à 10 pour 100 seulement de cette énergie appartiennent au spectre visible, soit

$$E = 3,96.10^{-12}.$$

L'œil est plus particulièrement sensible au vert jaune. En prenant $\nu = 5,76.10^{14}$, on a

$$E = 6,8.10^{-27} \times 5,76.10^{14}.$$

Le coefficient $6,8.10^{-27}$ est très sensiblement égal à h. Mais, dans les expériences, l'image formée est d'environ $\frac{1}{100}$ de millimètre carré. Si la loi de l'équivalent était applicable, il suffirait, pour avoir une impression lumineuse, qu'une molécule soit décomposée dans $\frac{1}{100}$ de millimètre carré de rétine. Ce qui est inadmissible.

Dans les trois cas que nous avons examinés, *l'énergie nécessaire à la destruction d'une molécule est inférieure au quantum d'énergie d'Einstein* (1).

(1) M. Marcel Boll, qui se pose un problème analogue à propos de l'hydrolyse photochimique des acides chloroplatiniques, nous dit obtenir des résultats comparables.

La lumière semble n'y intervenir que comme catalyseur, pour mettre les molécules dans un état tel qu'elles puissent ensuite réagir d'elles-mêmes. Mais ces trois réactions sont exothermiques, elles se font avec beaucoup de facilité. Il est très possible que, pour des réactions où interviennent des molécules plus stables, ou des réactions endothermiques, une quantité d'énergie plus grande soit nécessaire et que l'on retrouve la loi d'Einstein.

La mesure de l'énergie nécessaire à la décomposition d'une molécule d'un corps pourrait peut-être servir à déterminer le degré de stabilité de ce corps.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La tension d'expansibilité des fluides normaux.* Note de M. L. Gay, présentée par M. A. Haller.

Dans une Note précédente [1] j'ai établi théoriquement et vérifié, dans le cas de C^6H^6, la relation

$$\text{(I)} \qquad \log\pi = \log\frac{RT}{V-b} + \frac{b}{V-b} - \frac{E\mathfrak{L} + PV - RT}{RT}$$

(π, tension d'expansibilité; V, volume moléculaire; P, pression; $\mathfrak{L}$, chaleur moléculaire d'idéalisation). J'avais adopté $H = 1$, $R = 6{,}2170$ (unités : le millimètre de Hg et le centimètre cube); je crois $H = 1{,}008$, $R = 6{,}2380$ préférables; alors pour C^6H^6, entre 0° et 60°, $b = 69^{cm^3}{,}5 \pm 0{,}1$. J'ai calculé la pression interne K des vapeurs saturantes (qu'il faut déduire de la pression externe du gaz pour obtenir sa tension d'expansibilité) à l'aide de la relation empirique

$$K = \frac{1}{2}\left(T\frac{\partial P}{\partial T} - P\right) = \frac{P^2}{T^2}\left(\frac{\theta^2}{\pi}10^{-4}.18{,}85\right)\left(3\frac{\theta^2}{T^2} - \sqrt{2}\frac{\theta}{T} + \sqrt{2}\right),$$

que j'ai tirée des relations de Leduc [2],

$$PV = \varphi RT,$$

$$\varphi = 1 - 10^{-4}.18{,}85\frac{\theta}{T}\left(2\frac{\theta^3}{T^3} - \sqrt{2}\frac{\theta^2}{T^2} + 2\sqrt{2}\frac{\theta}{T} - 1\right)\frac{P}{\pi} - 10^{-4}.3{,}5\frac{\theta^3}{T^3}\left(\frac{\theta}{T} - 1\right)\frac{P^2}{\pi^2}$$

(P, pression externe en centimètre de Hg; π, pression critique en atmosphère; θ, température critique absolue).

---

(1) *Comptes rendus*, 16 octobre 1911.

(2) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. XIX, 1910, p. 469.

J'ai effectué quelques nouvelles vérifications. Les tensions de vapeur adoptées ainsi que les constantes critiques sont de Young (1).

Monochlorobenzène. — Densités de Biron (2) extrapolées de 80° à 120°. La chaleur moléculaire d'idéalisation est donnée par la relation

$$E\mathfrak{L} = 323\,870\,000 - 440\,550\,t$$

(concordance entre les valeurs des tensions d'expansibilité déduites de cette relation et celles calculées à l'aide des tensions de vapeur : $\frac{1}{1000}$ de 60° à 180°, $\frac{1}{100}$ à 40°).

t.	P (tensions de vapeur).	Π.	V.	b.	K.
°	mm		cm		atm
0	2,56	2,57	99,76	83,43	1371
20	8,83	8,84	101,70	83,54	1323,5
40	25,68	25,65	103,73	83,58	1274,5
60	64,78	64,40	105,86	83,54.5	1223,5
80	144,88	142,88	108,11	83,39	1170
100	292,76	285,41	110,53	83,11.5	1116
120	543,31	521,77	113,11	82,67	1059

Entre 0° et 80° : $b = 83^{cm^3},5 \pm 0,1$.

Isopentane. — Volumes moléculaires déduits de $D_4^0 = 0,63930$ [Young (*loc. cit.*) et Biron (3)] et de la relation d'Hoffmann et Rothe (4)

$$V_t = V_0[1 + 10^{-6}t(1506,97 + 3,4535\,t + 0,00975\,t^2 + 0,00001\,t)],$$
$$E\mathfrak{L} = 196\,770\,000 - 328\,000\,t$$

(concordance, pour les tensions d'expansibilité : $\frac{1}{500}$ de $-20°$ à $+40°$; $\frac{1}{200}$ à $-30°$) :

t	—30°	—20°	0°	20°	40°
b	83,32	83,32	83,25	83,06	82,72
K	806	790,5	757	721	682,5

Jusqu'au voisinage de 20°, D_4^0, $b = 83^{cm^3},2 \pm 0,1$.

Diisopropyle. — Volumes moléculaires déduits de $D_4^0 = 0,67948$ [Young (*loc. cit.*)]

(1) *J. chem. Soc.*, t. LV, 1889, p. 486.
(2) *J. Soc. phys. chim. r.*, t. XLII, n° 2, 1910, p. 135.
(3) *J. Soc. phys. chim. r.*, t. XLII, 1900, p. 147.
(4) *Z. f. Instrumentenkunde*, t. XXVII, 1907, p. 265. Jusqu'à 20° cette relation concorde très bien avec celle de Thorpe et Jones (*J. chem. Soc.*, t. LXIII, 1893, p. 273); à 40°, la concordance reste encore $0^{cm},1$.

et de la formule de Zander [1]

$$V_t = V_0(1 + 0{,}0_2 13147\,t + 0{,}0_5 1520\,t^2 + 0{,}0_7 25591\,t^3),$$
$$E\mathcal{L} = 227730000 - 381100\,t$$

(concordance pour les tensions d'expansibilité : $\frac{1}{200}$ de 0° à 80°; $\frac{1}{150}$ à — 10°):

t..........	—10°	0°	10°	30°	50°	70°
b..........	97,995	98,01	98,015	97,735	97,285	96,73
K..........	795	778	762	724	684	642,5

Jusqu'au voisinage de 30°, $b = 97^{\text{cm}^3},9 \pm 0,1$.

Cyclohexane. — J'ai établi la relation empirique

$$D_4^t = 0{,}79706 - \frac{0{,}000891\,t}{1 - 0{,}000891\,t},$$

qui, entre 10° et 65°, concorde au $\frac{1}{6000}$ avec mes résultats expérimentaux :

$$E\mathcal{L} = 255620000 - 366000\,t$$

(concordance pour les tensions d'expansibilité : $\frac{1}{150}$ de 10° à 100°) :

t............	10°	20°	40°	60°	80°	100°
b............	83,46	83,47	83,35	83,185	82,935	82,42
K............	996,5	979,5	939	898	854,5	807

Jusqu'au voisinage de 60°, $b = 83^{\text{cm}^3},35 \pm 0,1$.

Nous croyons donc la relation (I) nettement vérifiée expérimentalement quelles que soient les réserves qui peuvent être faites sur son établissement théorique.

Pour tous les corps étudiés, le coefficient de compressibilité est toujours inférieur à $\frac{V - b}{V(P + K)}$; d'où ce résultat, qui semble paradoxal : la pression interne diminue avec le volume, la température restant constante.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Combinaisons du chlorure de cérium avec le gaz ammoniac.* Note de M. **Barre**, présentée par M. Le Chatelier.

Les chlorures et bromures anhydres de cérium et de lanthane donnent avec une grande facilité des combinaisons d'addition avec le gaz ammoniac.

---

[1] *Lieb. Ann.*, t. CCXIV, 1882, p. 138. Cette formule concorde, jusqu'à 40°, au $\frac{1}{5000}$ avec les données de Young.

Je me propose dans la présente Note d'indiquer les résultats obtenus avec le chlorure de cérium.

Le chlorure était préparé par action du chlorure de soufre sur l'oxyde CeO^2. On a toujours employé le chlorure fondu bien cristallisé, et les combinaisons ammoniées ont été préparées en faisant arriver le gaz ammoniac bien desséché sur le chlorure placé dans un tube réservoir et maintenu à −80° environ dans un mélange de neige carbonique et d'acétone.

La réaction de l'ammoniac sur le chlorure de cérium s'effectue avec un assez grand dégagement de chaleur et une augmentation considérable du volume de la masse. Lorsqu'il y avait un excès d'ammoniac liquide, on soudait rapidement, en évitant l'humidité, le tube réservoir à un appareil composé uniquement d'un manomètre à air libre et d'un robinet à boisseau incliné et à tube capillaire de Geissler. Ce robinet ne permet qu'un contact négligeable de l'ammoniac et de la graisse et peut soutenir une pression de plusieurs atmosphères.

L'étude des combinaisons ammoniées a été faite par la détermination des courbes de tensions de dissociation. Ce n'est qu'après avoir établi ainsi les conditions d'existence des différents composés que l'on a déterminé leur composition.

1° *Tensions de dissociation :*

Composés...	A.		B.		C.	
	Température.	Pression.	Température.	Pression.	Température.	Pression.
	°	mm	°	mm	°	mm
	−69	66	−30	328	0	262
	−40	558	−18	635	9,5	497
	−35	678	−15	710	19	800
	−26	960	−11	882	27	1080
	−16,5	1524	0	1572	30	1305
	0	3148				

Composés...	D.		E.	
	Température.	Pression.	Température.	Pression.
	°	mm	°	mm
	50	224	90	414
	60	490	100	828
	65	652	105	1211
	70,5	919		
	75	1288		

2° *Formule des composés.* — Cette formule a été déterminée en mettant

du chlorure de cérium bien pur, pesé, en présence d'un excès de gaz ammoniac liquide, puis scellant le tube en le laissant revenir à la température ordinaire pour que la combinaison soit bien complète, refroidissant à nouveau, ouvrant le tube et enfin le maintenant sous la pression atmosphérique dans les limites d'existence du composé dont on voulait obtenir la formule. L'augmentation de poids du tube indiquait l'ammoniac fixé.

Composé A. — Par suite du peu de différence entre la tension de dissociation de ce composé et la tension de l'ammoniac liquide sous la pression ordinaire, il est assez difficile de maintenir longtemps le corps dans des limites de température convenables pour bien chasser tout l'ammoniac sans faire subir à la combinaison un commencement de décomposition. Trois analyses faites de ce composé sont cependant bien concordantes et indiquent la formule :

$CeCl^3$, $20 AzH^3$. — AzH^3 pour 100 de $CeCl^3$: trouvé 137,5, 136,7 et 138,4 ; calculé 137,97.

Composé B : $CeCl^3$, $12 AzH^3$. — AzH^3 pour 100 de $CeCl^3$: trouvé 81,7 et 81,5 ; calculé 82,75.

Composé C : $CeCl^3$, $8 AzH^3$. — AzH^3 pour 100 de $CeCl^3$: trouvé 55,02 et 54,72 ; calculé 55,17.

Composé D : $CeCl^3$, $4 AzH^3$. — AzH^3 pour 100 de $CeCl^3$: trouvé 26,92 et 28,21 ; calculé 27,58.

Composé E : $CeCl^3$, $2 AzH^3$. — AzH^3 pour 100 de $CeCl^3$: trouvé 13,36 et 14,33 ; calculé 13,79.

Tous ces composés se présentent sous forme de poudres blanches décomposables par l'eau.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage du calcium à l'état de tungstate.* Note de M. A. Saint-Sernin, présentée par M. Ch. Moureu.

Ce nouveau procédé de dosage du calcium, qu'après contrôle sur des solutions de titre connu j'ai appliqué, comparativement avec les procédés pondéraux classiques, à l'analyse de ciments et de chaux hydrauliques, est basé sur la précipitation d'une solution d'un sel de calcium par une solution de tungstate de sodium.

Quand on traite une solution ammoniacale de chlorure de calcium portée à l'ébullition par un excès de solution aqueuse de tungstate neutre de sodium à 20 pour 100, il se forme un précipité cristallin octaédrique de TuO^4Ca, d'une densité de 6,02 à 6,08, qui gagne rapidement le fond du vase.

Ce précipité, très lourd, insoluble dans l'eau, se prête sans délai à la filtration et aux lavages répétés par décantation.

Recueilli sur filtres tarés, lavé à l'eau chaude, puis porté à l'étuve à 100° jusqu'à poids constant, il fournit un sel dont le poids, multiplié par 0,1944, donne celui de la chaux CaO, ou qui, multiplié par 0,1393, indique celui du calcium Ca contenu dans la prise d'essai.

Les chiffres obtenus par la calcination ménagée au rouge sombre du filtre, d'une part, et du précipité, d'autre part, sont toujours trop faibles.

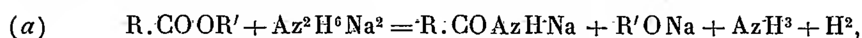
Les tungstates alcalins et de magnésium étant seuls solubles, lorsque, au cours d'une analyse systématique, on se sera débarrassé du fer et de l'alumine par l'ammoniaque, de la chaux par le tungstate de soude, le magnésium pourra être précipité dans les liquides filtrés et de lavage à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien.

Ce procédé simple, rapide et très précis, qui ne réclame pas de source calorifique puissante, applicable au dosage de faibles quantités, permettant en outre la séparation du magnésium d'avec le calcium, me paraît susceptible d'être adopté dans la majorité des cas.

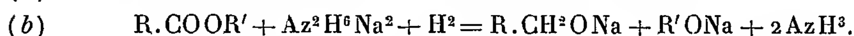
CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation des alcools primaires par réduction des éthers-sels au moyen de l'alcool absolu et du sodammonium.* Note de M. E. **Chablay**, présentée par M. A. Haller.

MM. Bouveault et Blanc (1) ont indiqué un excellent procédé de préparation des alcools primaires basé sur la réduction des éthers-sels au moyen de l'alcool absolu et du sodium.

J'ai montré récemment (2) que le sodammonium réagit sur les éthers-sels des acides monobasiques saturés de la série grasse conformément aux équations suivantes :

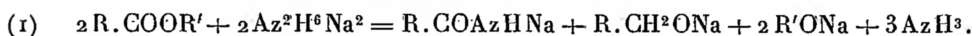


$$(a)\qquad R.COOR' + Az^2H^6Na^2 = R.COAzHNa + R'ONa + AzH^3 + H^2,$$



$$(b)\qquad R.COOR' + Az^2H^6Na^2 + H^2 = R.CH^2ONa + R'ONa + 2AzH^3.$$

L'ensemble des réactions (*a*) et (*b*) donnant la réaction finale



$$(1)\qquad 2R.COOR' + 2Az^2H^6Na^2 = R.COAzHNa + R.CH^2ONa + 2R'ONa + 3AzH^3.$$

Si l'amide ne se trouve pas à l'état de dérivé sodé, on a la réaction



$$(2)\qquad 3R.COOR' + 2Az^2H^6Na^2 = 2R.COAzH^2 + R.CH^2ONa + 3R'ONa + 2AzH^3.$$

(1) Bouveault et Blanc, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XXXI, p. 666.

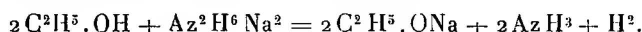
(2) E. Chablay, *Comptes rendus*, t. 154, p. 364.

On voit d'après ces relations que le rendement en alcool R.CH²OH ne peut être que la moitié ou au plus le tiers de l'éther-sel employé. Si donc on se propose comme but la préparation des alcools primaires on devra chercher à en augmenter le rendement par l'emploi d'une réaction supplémentaire capable de fournir l'hydrogène naissant nécessaire à la réduction de l'amide à l'état d'alcool correspondant



$$R.CO\,AzH^2 + 2\,H^2 = R.CH^2.OH + Az\,H^3.$$

La réaction de l'alcool et en particulier de l'alcool absolu sur le sodammonium répond parfaitement à cette nécessité



$$2\,C^2H^5.OH + Az^2H^6Na^2 = 2\,C^2H^5.ONa + 2\,Az\,H^3 + H^2.$$

Dans ces conditions on évite presque complètement la formation d'amide et l'on obtient les alcools primaires correspondants avec de bons rendements.

Mode opératoire. — Dans un ballon de 1^l environ on introduit du sodium en fils, sur lequel on verse de 200^{cm^3} à 300^{cm^3} d'AzH^3 liquide de façon à obtenir une solution bleue de sodammonium. Ce ballon étant refroidi vers —80° on fait couler, au moyen d'un entonnoir à brome, l'éther-sel à réduire dissous dans l'alcool absolu et dans les proportions indiquées par la réaction



$$R.COOR' + 2\,C^2H^6O + 2\,Az^2H^6Na^2 = R.CH^2.ONa + 2\,C^2H^5.ONa + R'ONa + 4\,AzH^3.$$

On obtient ainsi rapidement la décoloration de la solution bleue de sodammonium. Une fois AzH^3 éliminé, il reste dans le ballon un mélange d'alcools sodés qu'on décompose par l'eau. On en retire ensuite l'alcool R.CH².OH par entraînement à la vapeur et distillation fractionnée comme il est dit dans le procédé Bouveault et Blanc.

Les alcools suivants ont été préparés par le procédé que je viens d'indiquer :

Éthers-sels réduits.	Alcools obtenus.
Butyrate de méthyle normal.	Butanol normal $C^4H^{10}O$.
Isovalérianate de méthyle.	Alcool isoamylique $C^5H^{12}O$.
Caproate d'éthyle.	Hexanol $C^6H^{14}O$.
Heptylate de méthyle.	Heptanol $C^7H^{16}O$.
Caprylate »	Octanol $C^8H^{18}O$.
Laurate »	Dodécanol $C^{12}H^{26}O$.
Myristate »	Tétradécanol $C^{14}H^{30}O$.
Palmitate »	Hexadécanol $C^{16}H^{34}O$.

Éthers-sels d'acides bibasiques. — Les deux groupements (—COOR') sont réduits et l'on obtient des glycols biprimaires.

Sébate de méthyle $COOCH^3-(CH^2)^8-COOCH^3$. — Cet éther fournit le décanediol-1.10 $CH^2OH-(CH^2)^8-CH^2.OH$, se présentant en magnifiques cristaux fusibles à 71°,5.

α-α-Diméthylglutarate de méthyle $COOCH^3 - C(CH^3)^2 - CH^2 - CH^2 - COOCH^3$. — Cet éther m'a été fourni obligeamment par M. Blanc; il donne le glycol correspondant au 2.2-diméthylpentanediol-1.5



$$CH^2OH - C(CH^3)^2 - CH^2 - CH^2 - CH^2OH,$$

liquide incolore bouillant à 133° sous 15mm.

Éthers-sels dont l'acide contient un radical aromatique :

Phénylacétate d'éthyle $C^6H^5 - CH^2 - COOC^2H^5$. — Se réduit normalement en fournissant l'alcool phényléthylique $C^6H^5 - CH^2 - CH^2.OH$, dont l'odeur rappelle celle de l'eau de roses.

Cinnamate de méthyle $C^6H^5 - CH = CH - COOCH^3$. — Cet éther fournit non pas l'alcool cinnamique, mais l'alcool phénylpropylique par suite de l'hydrogénation de la double liaison $C^6H^5 - CH^2 - CH^2 - CH^2OH$.

Ce fait a d'ailleurs été observé par MM. Bouveault et Blanc (1) lorsqu'ils ont appliqué leur méthode d'hydrogénation au cinnamate de méthyle; par Fittig (2) et Rügheimer (3) dans l'action de l'amalgame de sodium sur l'alcool cinnamique et par moi-même (4) dans l'action du sodammonium sur l'alcool cinnamique.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur une nouvelle forme du bichromate de potassium.* Note de M. A. **Duffour**, présentée par M. Wallerant.

Peu de substances ont été aussi souvent étudiées par les cristallographes que les bichromates alcalins anhydres. Il est cependant manifeste que de profondes lacunes subsistent encore dans notre connaissance de leurs relations morphologiques.

C'est ainsi que les cristaux tricliniques bien connus du bichromate dipotassique, se distinguent nettement des cristaux toujours monocliniques du sel ammoniacal. Le bichromate de rubidium donne, il est vrai, des cristaux tricliniques et monocliniques, mais si ces derniers diffèrent peu des cristaux du sel ammoniacal, les grandeurs paramétriques des premiers semblent incompatibles avec celles du sel potassique.

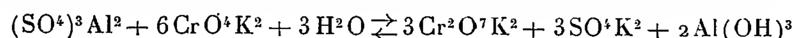
Sans doute, avec M. Wyrouboff (5), faut-il voir dans ces particularités

(1) Bouveault et Blanc, *Bull. Soc. chim.*, t. XXXI, 1904, p. 1209.
(2) Fittig, *Berichte der deutsch. chem. Gesell.*, t. VI, p. 214.
(3) Rugheimer, *Liebig's Annalen*, t. CLXXII, p. 122.
(4) E. Chablay, *Comptes rendus*, t. 143, 1906, p. 829.
(5) G. Wyrouboff, *Bull. Soc. Min.*, t. XIII, 1890, p. 309.

la manifestation d'un cas d'*isotrimorphisme*. Mais aucune mesure directe et précise n'ayant pu confirmer cette opinion, on ne saurait regarder comme définitivement élucidée la question de l'isomorphisme de ces importantes combinaisons. Aussi, ne serait-ce qu'à ce seul point de vue la réalisation de cristaux monocliniques mesurables du bichromate de potassium offre-t-elle déjà un certain intérêt.

Il était en outre permis de penser que l'étude de cette forme, assez instable pour n'avoir pas encore été signalée, permettrait de préciser les conditions de sa transformation en cristaux tricliniques et apporterait ainsi une précieuse contribution à la question de l'équilibre des deux formes du sel de rubidium, question si controversée et discutable encore, semble-t-il, malgré les intéressantes, mais un peu contradictoires observations de MM. Stortenbecker (1), Gossner (2) et Le Bel (3). Cet espoir, comme on le verra, n'a été qu'en partie réalisé.

J'ai obtenu de tels cristaux monocliniques en ajoutant, à une solution de chromate neutre dipotassique, un excès notable de sulfate d'aluminium qui le transforme partiellement en bichromate, avec précipitation d'alumine :



$$(SO^4)^3Al^2 + 6CrO^4K^2 + 3H^2O \rightleftarrows 3Cr^2O^7K^2 + 3SO^4K^2 + 2Al(OH)^3$$

La liqueur concentrée à chaud, puis filtrée, laisse déposer par refroidissement et *à la fois*, comme les solutions de sel rubidique, deux sortes de cristaux de bichromate, les cristaux tricliniques habituels et des cristaux monocliniques, beaucoup moins nombreux et plus petits ($d = 1^{mm}$ à 2^{mm}).

Ces cristaux monocliniques, dont la teinte légèrement plus jaune se confond presque avec celle des cristaux tricliniques, rappellent, par leur contour à peu près carré ou octogonal, les cristaux du sel ammoniacal. Comme ceux-ci, ils sont aplatis suivant $p(001)$ et présentent en outre les faces $d^{\frac{1}{2}}(111)$, $b^{\frac{1}{2}}(11\bar{1})$, $g^1(010)$, $o^1(101)$, $a^1(10\bar{1})$, plus rarement $e^1(011)$.

Ces faces, bien planes et très réfléchissantes, se prêtent à d'excellentes mesures qui ne laissent aucun doute sur l'isomorphisme des trois espèces de cristaux monocliniques :

$Cr^2O^7K^2$	$a:b:c = 1,0167:1:1,7716$	$\beta = 91°55'$
$Cr^2O^7Rb^2$	» $= 1,0202:1:1,8081$	» $= 93°28,5$
$Cr^2O^7Am^2$	» $= 1,0271:1:1,7665$	» $= 93°42$

(1) STORTENBECKER, *Trav. chim. des Pays-Bas*, t. XXVII, 1907, p. 240.

(2) GOSSNER, *Comm. part.* citée par GROTH, *Chem. Krys.*, t. II, p. 584.

(3) LE BEL, *Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 1081.

Des macles très fréquentes résultent de l'accolement de deux cristaux suivant les plans a^1, o^1 ou p, le premier étant toujours plan de symétrie de l'ensemble. Les angles de ces plans étant peu différents

$$po^1 = 58°43', \quad pa^1 = 61°36', \quad o^1a^1 = 59°41',$$

on s'explique aussi que, parfois, trois cristaux s'associent en groupements imparfaits admettant, pour axe quasi ternaire, les axes binaires de chacun d'eux.

Les propriétés optiques de ces cristaux offrent la plus complète analogie avec celles du sel ammoniacal : les axes optiques sont en effet dans g^1, et la bissectrice aiguë, négative, fait dans l'air, du côté de l'angle obtus ph^1, un angle de 55°, 5 avec la normale à p.

Bien que, maintenus en flacon au contact des cristaux tricliniques, ces cristaux monocliniques ne paraissent subir aucune altération à froid, ils n'en doivent pas moins être regardés comme une forme *instable*, en état de *faux équilibre*.

Introduits, en effet, à la température de 12°,5, dans une solution saturée par rapport au sel triclinique, ils se dissolvent en moins de 20 heures, alors que des cristaux tricliniques témoins placés à côté ne sont nullement modifiés. Il est donc vraisemblable que la formation simultanée des deux espèces de cristaux dans la même solution, n'a pu se faire que grâce à un état de sursaturation favorisé sans doute par la nature complexe du mélange et dû au refroidissement, mais qui n'a pu se maintenir longtemps après la cessation de celui-ci. Effectivement, si la première récolte de cristaux, faite 14 heures après l'abandon à elle-même de la liqueur chaude, a fourni des cristaux monocliniques parfaitement intacts, les suivantes n'ont plus montré cette forme instable.

Sous l'action de la chaleur, ces cristaux se fragmentent par à-coups brusques et se comportent ensuite, à tous égards, comme des cristaux tricliniques. Cette transformation d'une forme instable ne se fait naturellement pas à une température définie et je l'ai vue commencer aussi bien à 40° que vers 150°. Elle paraît toujours terminée à 170°.

Il semble impossible, dès lors, qu'on puisse atteindre, sans transformation, le domaine de stabilité de cette forme monoclinique, ce domaine étant, selon toute probabilité, immédiatement voisin du point de fusion.

ÉCONOMIE RURALE. — *Cas remarquable d'hérédité en mosaïque chez des hybrides d'Orges* (Hordeum distichum nutans *Schüb.* × H. distichum nudum *L.*). Note de M. **L. Blaringhem**, présentée par M. J. Costantin.

Dans un Mémoire, déposé en septembre 1911 et paru récemment (¹), j'ai montré la fréquence d'un mode de transmission héréditaire qui se traduit par la juxtaposition sur l'enfant des caractères se correspondant chez les parents. Découvert et signalé en 1859 à l'Académie par Ch. Naudin, ce mode d'hérédité fut depuis beaucoup moins étudié que l'hérédité alternante, appelée encore *hérédité mendélienne*, avec laquelle il a beaucoup de rapports. Je propose de désigner sous le nom d'*hérédité naudinienne* les cas nombreux où l'hybride présente, côte à côte comme s'il s'agissait d'une mosaïque, des caractères, qui, en d'autres circonstances, se recouvrent pour se disjoindre dans les générations suivantes, selon les règles de Mendel.

Les exemples obtenus ou cités par Naudin (²) (*Datura Stramonio-lævis*, *Linaria purpureo-vulgaris*, *Cytisus Adami*, Oranger-Citronnier *Bizarria*) sont très nets; ceux que j'ai décrits ont été découverts par une étude minutieuse de caractères d'Orges cultivées (*Hordeum distichum nutans* β × *H. d. erectum* α et réciproquement, *H. d. nutans* β × *H. tetrastichum pallidum* δ et réciproquement); ils portent sur des caractères, tels que la présence ou l'absence d'épines sur les glumelles dorsales des grains, très stables mais ne pouvant être contrôlés que par des observateurs préparés à cette étude; s'il s'agit de la mosaïque d'épillets hermaphrodites et d'épillets mâles, des indécisions subsistent à cause de l'avortement fréquent des organes et éléments sexuels des hybrides. J'ai découvert en 1908 (³) et étudié depuis avec soin une série d'exemples où la mosaïque est fort apparente et facile à contrôler.

Ces exemples sont relatifs à l'hérédité des caractères :

Grain mûr enveloppé par les glumelles opposé à *grain nu*, couple dont j'ai étudié la disjonction dans les hybridations suivantes :

Hordeum distichum nutans Schüb. × *H. distichum nudum* L.
Hordeum distichum erectum Schüb. × *H. distichum nudum* L.

(¹) L. Blaringhem, *Sur l'hérédité en mosaïque* (*Rapports de la IVme Conf. intern. de génétique*, tenue à Paris, 18-23 septembre 1911; Paris, Masson, 1913, p. 101-131 et 19 figures).

(²) Ch. Naudin, *Nouvelles recherches sur l'hybridité des végétaux* (*Nouvelles Archives du Muséum*, t. I, 1865, p. 1-176 et 5 planches in-4°).

(³) L. Blaringhem, *Recherches sur les hybrides d'Orges* (*Comptes rendus*, t. 146, p. 1295, 15 juin 1908).

Hordeum cœleste trifurcatum × *H. distichum nutans* Schüb.
Hordeum cœleste trifurcatum × *H. Zeocriton* L.
Hordeum cœleste trifurcatum × *H. Steudelii* Körnicke

et leurs réciproques. Ces hybridations ont été en partie déjà réalisées par Rimpau (1891), par Biffen (1907) et contrôlées par Tschermak (1910); leurs descendances ont été décrites sans être interprétées (Rimpau), ou rattachées à la disjonction mendélienne (Biffen, Tschermak) en notant cependant des irrégularités. Ces irrégularités dans la disjonction m'ont toujours paru caractéristiques des phénomènes d'hérédité naudinienne.

Pour en donner une idée, il me suffira d'exposer ici le cas déjà décrit (¹) à propos des singularités de la disjonction de la présence ou absence d'épines sur les grains, accompagnées de l'apparition de la fragilité de l'épi (hybridmutation). En juillet 1906, *H. distichum nutans* α (0,102) × *H. d. nudum* (Orge nue Johner) a donné trois grains hybrides dont j'ai obtenu deux plantes très vigoureuses (première génération) :

	Épis donnant..	Grains.	Enveloppés.	Demi-nus.	Nus.
A.........	6	188	172	16	0
B.........	8	185	92	57	36

la mosaïque était uniformément répartie sur les divers épis, beaucoup moins marquée sur A que sur B; mais ces différences s'atténuèrent notablement dans les générations suivantes (jusqu'à la quatrième).

Toutes les plantes dérivées de grains nus, de quelque génération que ce fût, n'ont donné ultérieurement que des grains nus; ce retour définitif nous autorise à regarder le caractère grain nu comme récessif par rapport au grain enveloppé. Les grains demi-nus (adhérence de la glumelle interne, non adhérence de la glumelle externe), de même que les grains enveloppés, sont encore pour la plupart hétérozygotes, et, s'il y a des retours à des types purs, ils sont de beaucoup plus rares que les retours aux grains nus; car, dans l'exemple particulier étudié ici, je n'ai trouvé encore aucune lignée ne donnant que des grains enveloppés.

En F_2, j'ai suivi les lots suivants qui ont donné :

	Semé.	Nombre de plantes.	Plantes à grains nus.	Plantes à grains enveloppés.	Plantes à grains en mosaïque.
(A)	16 demi-nus.....	12	2	3	7
(A)	60 enveloppés..	53	11	22	20
(B)	57 demi-nus....	45	18	5	22
(B)	60 enveloppés...	49	19	13	17

(¹) *Comptes rendus*, t. 146, 1908, p. 1294.

En F_3, certaines lignées, manifestement hétérozygotes, se comportent comme les précédentes; d'autres, provenant de grains tous enveloppés, offrent une plus grande uniformité, mais quelques grains nus et demi-nus réapparaissent dans tous les cas examinés (42 lignées à grains enveloppés).

Dans l'une d'elles, récessive au point de vue des dents sur les nervures dorsales, à épis non fragiles, à compacité moyenne ($d = 30$) fixée, j'ai étudié de la récolte de cette année (1912) 100 épis au point de vue de la mosaïque des grains nus et des grains enveloppés : 18 de ceux-ci ayant le même nombre d'épillets (26) sont comparables entre eux et ont montré :

Grains nus et demi-nus	0	1	2	3	4	5
Nombre d'épis (18)...............	2	3	4	3	3	3

répartis sur les épillets comptés à partir de la base du rachis :

Épillets...	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	13-14	15-16	17-18	19-20	21-22	23-24	25-26
(Avortés)	3	2	4	5	7	4	5	2	5	3	4	3	

Il n'y a pas de disjonction par plages dans ce cas extrême; la mosaïque est répartie d'une manière uniforme sur les divers épis de la lignée.

Biffen (1907) et Tschermak (1910) admettent que les caractères grains enveloppés et grains nus de l'Orge constituent, en quelques cas, un couple mendélien se dissociant dans le rapport 3 : 1; dans tous les exemples que j'ai étudiés depuis 1906, j'ai constaté au contraire des irrégularités, soit sur les plantes hybrides qui montrent la mosaïque, soit dans les pourcentages de la descendance disjointe. Il est vrai que j'ai croisé à dessein, non pas de simples variétés d'une même espèce, mais des espèces élémentaires nettement distinctes, dont plusieurs reconnues par Linné, et j'ai montré déjà que l'*hérédité naudinienne* ou *en mosaïque* régit surtout, ou même seulement, les disjonctions d'hybrides réalisés entre espèces différentes.

BACTÉRIOLOGIE. — *Recherches sur la flore intestinale. Sur la production possible de ptomaïnes en milieu acide.* Note de MM. **Albert Berthelot** et **D.-M. Bertrand**, présentée par M. Roux.

Lorsque nous avons isolé pour la première fois le *Bacillus aminophilus intestinalis* (1) nous avons noté que la persistance des troubles intestinaux,

---

(1) Albert Berthelot et D.-M. Bertrand, *Comptes rendus* t. 154, 10 juin 1912, p. 1643 et 24 juin 1912, p. 1826.

chez le malade dont nous avions employé les matières fécales, coïncidait avec une réaction acide de celles-ci. Peu de temps après nous avons retrouvé le même microbe chez un malade présentant également cette constance des symptômes d'entéro-colite et de l'acidité des fèces; depuis lors nous avons à diverses reprises fait la même observation.

D'autre part nous avons établi que le *B. aminophilus*, microbe acidaminolytique et saccharolytique est capable de produire, suivant la nature des aliments mis à sa disposition, soit des ptomaïnes, soit une assez forte proportion d'acides. La constatation d'une telle activité chimique et d'une réelle prépondérance dans la flore intestinale de sujets atteints de troubles intestinaux particulièrement rebelles nous a conduits à étudier de plus près le rôle probable de ce microbe dans l'étiologie des états pathologiques que nous avions observés.

Mais, du fait même que nous avions affaire à une bactérie attaquant aussi énergiquement les sucres que les amino-acides, la question se présentait très complexe; en effet, il semblait *a priori* bien probable que, mis en présence des deux sortes d'aliments à la fois, le *B. aminophilus* devait avoir sa production de substances toxiques entravée par l'acide lactique formé dans le milieu. Nous avons vérifié qu'il en est bien ainsi et lorsqu'on ensemence ce microbe dans un milieu convenable renfermant du glucose et de l'histidine, il fonctionne comme ferment lactique et ne donne pas d'imidazoléthylamine.

Si l'on s'en tenait à une expérience ainsi conduite on pourrait conclure à l'innocuité du *B. aminophilus* et même à son rôle favorable dans l'intestin; mais en réalité il doit en être tout autrement car, ainsi que nous allons le montrer, ce microbe est capable de donner naissance à des ptomaïnes dans des conditions où d'autres bactéries acidaminolytiques seraient incapables d'en produire.

Pour cette nouvelle expérience nous avons employé notre milieu synthéthique habituel à base d'histidine, additionné ou non de peptone de soie ou de peptone tryptique de viande, mais au lieu d'y ajouter du glucose nous y avons introduit des doses d'acide lactique variant entre 0,5 et 5 pour 1000. Dans un premier essai nous avons ensemencé ce milieu avec des traces de *B. aminophilus*, en même temps que des témoins neutres avec et sans glucose; nous avons examiné nos cultures après 24 heures à 37° et nous avons obtenu les résultats suivants :

1. Milieu neutre, culture abondante, formation d'imidazoléthylamine;
2. Milieu neutre glucosé, culture abondante, formation d'imidazoléthylamine;

3. Milieux acides à 1 et 2 pour 1000, culture assez abondante, formation d'imidazoléthylamine mais en moindre quantité qu'en 1 et 2;

4. Milieu acide à 3 pour 1000, développement microbien faible, traces d'imidazoléthylamine ;

5. Milieux acides à 4 et 5 pour 1000, développement microbien insignifiant, pas d'imidazoléthylamine.

La production de petites quantités d'imidazoléthylamine en l'absence d'hydrates de carbone et en présence d'acide lactique préformé était donc manifestement possible; mais nous n'avons pas voulu nous contenter de cette expérience et nous avons tenu à nous rapprocher autant que possible des conditions qui se trouvent souvent réalisées dans le tube digestif. Pour cela nous avons cultivé le *B. aminophilus*, en boîtes de Roux, sur gélose polyaminée, ne renfermant pas d'histidine et nous avons ensemencé le même volume de milieu, identiques à ceux que nous avons précédemment utilisés, avec la même quantité de corps microbiens : le dixième d'une culture en boîte de Roux pour 20^{cm^3} de milieu; bien entendu, nous nous étions préalablement assurés que notre mode d'ensemencement ne diminuait pas le taux d'acidité de nos milieux lactiques. Nous avons alors observé que, même au bout de 18 heures, sous l'influence du grand nombre de corps microbiens, la ptomaïne formée était aussi abondante dans le milieu contenant 3 pour 1000 d'acide que dans le milieu neutre.

Ce résultat tire un intérêt tout spécial du fait que, dans l'intestin, le cas doit fréquemment se présenter d'une grande masse de *B. aminophilus* agissant sur de l'histidine contenue dans des produits de digestion rendus faiblement acides par d'autres microbes formant de l'acide lactique, mais n'attaquant pas les acides aminés.

A côté de leur intérêt pathogénique les faits que nous venons de rapporter présentent une certaine importance au point de vue médico-légal. En effet, il y a quelques mois, au sujet d'une intoxication alimentaire suivie de mort, on nous a demandé si l'on pouvait affirmer que la formation de ptomaïnes était impossible dans des matières vomies présentant une faible acidité. Nos recherches étant alors trop peu avancées nous avions répondu que rien ne permettait d'émettre sur ce sujet une opinion formelle et que par conséquent l'accusé devait bénéficier du doute. Maintenant il n'en serait plus de même et les experts devront toujours se souvenir que, dans certaines conditions, dont on ne saurait rejeter *a priori* la possibilité, des ptomaïnes très toxiques peuvent prendre naissance dans un milieu légèrement acide.

En résumé, dans la flore intestinale de sujets présentant à la fois des

symptômes d'entérite ou de colite muqueuse et une réaction acide de leurs matières fécales, on trouve assez fréquemment un microbe, le *B. aminophilus intestinalis*, qui est capable de décarboxyler l'histidine même dans un milieu légèrement acide (3 pour 1000 d'acide lactique). Autant qu'il est possible de conclure d'expériences *in vitro*, cette bactérie, qu'un examen sommaire pourrait faire confondre avec le *Pneumobacille* ou avec sa variété le *B. lactis aerogenes*, peut très bien se comporter dans l'intestin comme un simple ferment lactique et ne pas former de base toxique aux dépens de l'histidine qui s'y trouve; mais, dans certains cas, elle peut parfaitement produire de l'imidazoléthylamine, aussi bien en milieu neutre ou alcalin, qu'en présence d'acides élaborés par d'autres microbes. Ainsi que nous l'avons établi l'action décarboxylante du *B. aminophilus* n'est pas limitée à l'histidine; les résultats que nous venons d'exposer doivent donc vraisemblablement s'appliquer aux divers acides aminés, qui peuvent exister dans le contenu intestinal, et aux ptomaïnes qui en dérivent.

GÉOLOGIE. — *Les calcaires à* Productus *de l'Indo-Chine*. Note de M. **Mansuy**, présentée par M. H. Douvillé.

Les calcaires ouraliens à *Schwagerina princeps* Ehr., découverts au Cammon, Laos, par M. Dussault, puis sur la feuille de Van-Yen, Tonkin, par M. Deprat, ont donné une riche faune de Brachiopodes, composée principalement d'espèces de l'Ouralien de l'Oural et du Timan, décrites par Tschernyschew [1]. Sur 96 espèces recueillies, 61 appartiennent au Carboniférien supérieur de l'Oural et du Timan.

L'horizon inférieur de l'Oural, à *Omphalotrochus Whitneyi* Meek, ne paraît pas représenté; un seul individu, rapporté avec doute à *Spirifer Marcoui* Waag., est spécial à cet horizon. Cinq espèces sont caractéristiques de l'horizon à *P. Cora: Meekella striatocostata* Cox., *M. eximia* Eich., *Productus boliviensis* d'Orb., *P. Konincki* de Vern., *Marginifera involuta* Tsch. Les nombreuses espèces de l'horizon supérieur à *Sch. princeps*, de l'Oural, sont les suivantes : *Dielasma juresanensis* Tsch., *Hemiptychina orientalis* Tsch., *Notothyris nucleolus* Kut., *Pugnax osagensis* Shum., *Uncinulus Wangenheimi* Pand., *Camarophoria crumena* Mart., *C. mutabilis* Tsch., *Athyris Gerardi* Dien., *Spiriferina Holzapfeli* Tsch., *Sp. laminosa* M'Coy, mut. *sterlitamakensis* Tsch., *Spiriferella artiensis* Tsch., *Spirifer striatus* Sow., *Sp.*

(1) Tschernyschew, *Die obercarbonischen Brachiopoden des Ural und des Timan* (*Mém. Com. géol.*, t. V, p. 16).

cameratus Mort., *Sp. fasciger* Keys., *Sp. tastubensis* Tsch., *Sp. Dieneri* Tsch.. *Sp. lyra* Kut., *Sp. tibetanus* Dien., *Sp. interplicatus* Roth., *Sp. Fritschi* Schell., *Sp. Nikitini* Tsch., *Sp. rectangulus* Kut., *Sp. uralicus* Tsch., *Sp. ufensis* Tsch., *Sp. Sokolovi* Tsch., *Sp. quadriradiatus* de Vern., *Martiniopsis uralica* Tsch., *M. orientalis* Tsch., *M. baschkirica* Tsch., *Martinia triquetra* Gemm., *Reticularia lineata* Mart., *R. rostrata* Kut., *Ambocœlia planoconvexa* Shum., *A.* cf. *Urii* Flem., *Schizoporia supracarbonica* Tsch., *Chonetes variolata* d'Orb., *Productus Gruenwaldti* Krot., *P. tranversalis* Tsch., *P. inflatus* M'Chesney, *P. tartaricus* Tsch., *P. curvirostris* Schell., *P. pustulatus* Keys., *P. juresanensis* Tsch., *P. Cora* d'Orb., *P. lineatus* Waag., *P. tenuistriatus* de Vern., *P. cancriniformis* Tsch., *P. pseudomedusa* Tsch., *P. punctatus* Mart., *P. Iacovlevi* Tsch , *P. porrectus* Kut., *P. timanicus* Stuck., *Proboscidella Kutorgæ* Tsch. Parmi ces espèces, deux sont communes à l'horizon à *P. cora* et à l'horizon à Schwagérines : *Spirifer cameratus* et *Productus porrectus;* trois sont rencontrées dans les trois horizons des calcaires ouraliens : *Productus Gruenwaldti*, *P. juresanensis* et *P. Cora;* une, enfin, provient, dans l'Oural, des horizons inférieur et supérieur : *Productus inflatus*.

De l'Ouralien de Lo-Ping, Kouang-Si, les calcaires du Cammon et du Tonkin ont donné deux espèces : *Productus Cora*, espèce à diffusion extrême et *P. plicatilis* Sow. Du Kan-Sou : *Dielasma vesicularis* David., *Pr. lineatus*, *Pr. punctatus* et *Pr. elegans* M'Coy. Les affinités de l'Ouralien du Turkestan sont révélées par la présence, dans l'Ouralien indo-chinois, de : *Notothyris nucleolus*, *Spirifer lyra*, *Reticularia lineata*, *Schizoporia supracarbonica*, *Productus inflatus*, *P. lineatus*. Quelques formes de l'Ouralien du Cammon et de l'Oural persistent dans le Permien himalayen, (Spiti, Chitichun); ce sont : *Athyris Gerardi*, *Spirifer fasciger*, *Sp. musakheylensis*, *Sp. Marcoui*, *Sp. tibetanus*, *Reticularia lineata*, *Productus Cora, P. lineatus*, *P. cancriniformis* et *P. mongolicus*. Les espèces communes à l'Indo-Chine et au Salt-Range sont en petit nombre. Du calcaire à *Productus* inférieur : *Spirifer striatus* et *Reticularia lineata;* des calcaires à *Productus* inférieur et moyen : *S. Marcoui;* des calcaires à *Productus* inférieur, moyen et supérieur : *Sp. musakheylensis*, *Pr. Cora*, *P. lineatus*.

Au Cammon, *Productus gratiosus* Waag., des calcaires moyen et supérieur de la Salt-Range et du Permien de Chitichun, provient d'un niveau plus élevé que l'horizon à *Sch. princeps;* c'est peut-être ce niveau qui renferme *Sumatrina Annæ*, reconnu par M. Deprat dans les calcaires du Cammon. Nous retrouvons en Indochine quelques espèces de l'Ouralien du Kachmir (Zewan and Barus beds), la plupart à grande extension verticale et peu caractéristiques : *Spirifer musakheylensis*, *Productus pustulatus*, *P. spinulosus*, *P. Cora*, *P. mongolicus*, *P. punctatus*. Du Permien du Spitzberg, les calcaires du Cammon et du Tonkin ont donné : *Spirifer cameratus*, *Pr. boliviensis*, *P. timanicus*. Nous signalerons ensuite treize Brachiopodes des calcaires à *Schw. princeps* et des calcaires à *Sumatrina Annæ* indo-chinois, faisant partie des faunes du Permo-Carbonifère du Trogkofel et des Alpes carniques : *Spirifer fasciger*, *Sp. tibetanus, Sp. Fritschi, Sp. trigonalis*, *Sp. quadriradiatus*, *Reticularia lineata*, *R. rostrata*, *Productus elegans*, *P. gratiosus*. *P. spinulosus*, *P. curvirostris*, *P. Cora*, *P. lineatus*, *P. cancriniformis*, *P. punctatus*. Nous citerons, d'autre part, deux espèces du Permien de Timor : *Camarophoria crumena* et *Spirifer interpli-*

catus, type de l'espèce et non de la race de l'Ouralien à Schwagérines de l'Oural; il convient d'ajouter *Uncinulus Wangenheimi* Pand., qui ne peut être séparé, croyons-nous, de *U. timorensis* Beyr. et de *U. Theobaldi* Waag. du Salt-Range.

Au Cambodge, M. Lantenois a recueilli : *Sumatrina multiseptata* Dep., *Steinmannia gemina* Waag., *Romingeria* n. sp., *Lophophyllum* sp.? *Lonsdaleia* n. sp., *Productus gratiosus*, *Spirifer Fritschi*, *Reticularia indica*, *Camarophoria* n. sp., *Meekella* cf. *evanescens* Schell.

L'examen des listes comparatives qui précèdent démontre que les faunes de Brachiopodes du Permo-Carbonifère indo-chinois sont, dans l'ensemble, celles de l'Ouralien de l'Oural et du Timan, avec lesquelles elles présentent des affinités beaucoup plus marquées et plus générales qu'avec celles du Permo-Carbonifère de l'Himalaya et du Salt-Range; ces affinités sont d'ailleurs confirmées par la comparaison des Fusulinidés des deux régions, ainsi que l'a établi M. Deprat. La présence de *Sumatrina multiseptata* Deprat [1], espèce plus récente que *S. Annæ* Volz, dans certains horizons des calcaires du Cambodge, indique, pour ces niveaux, un âge permien supérieur peu différent de celui des grauwackes de Luang-Prabang, à *Sum. Annæ*.

Au point de vue paléogéographique, les calcaires ouraliens indo-chinois se relient à l'Ouralien des monts Oural et Timan : par l'Ouralien de la baie d'Oussouri, dont la faune, étudiée par Iwanof, est composée d'espèces du Salt-Range et d'espèces de l'Oural, ces dernières en nombre prédominant : *Hemiptychina inflata*, *Notothyris nucleolus*, *Camarophoria Margaritovi*, *C. Purdoni*, *Rhynchophora Nikitini*, *Hustedia remota*, *H. indica*, *Spiriferina cristata*, *Spiriferella Keilhavi*, *Spirifer fasciger*, *Sp. alatus*, *Reticularia lineata*, *Productus Purdoni*, *P. irginæ*, *P. asperulus*, *P. Wallacei*, *P. Weyprechti*, *Marginifera typica*, *M. ovalis*, — puis par les gisements du même âge découverts au Kuen-Lun et au Turkestan (Tongitar, Kuturkuk), dans lesquels on retrouve également la faune de l'Ouralien russe. C'est donc surtout par la Téthys septentrionale qu'ont eu lieu les migrations eurasiatiques à cette époque géologique.

GÉOLOGIE. — *Efficacité des puits absorbants.*
Note de M. **Gustave F. Dollfus**, présentée par M. H. Douvillé.

Les expériences entreprises par le Conseil municipal de Paris pour l'absorption des eaux par puits, afin de parer aux inondations dans la vallée de la Seine, ne nous paraissent pas probantes; elles nous semblent même démontrer qu'il n'y a rien à attendre de cette méthode.

---

(1) J. Deprat, *Étude des Fusulinidés de Chine et d'Indo-Chine et class. des calcaires à Fusulines* (*Mém. Serv. géol. de l'Indo-Chine*, t. 1, fasc. 3, p. 53).

Dans ces essais, on ne s'est pas occupé de ce que devenaient les eaux une fois absorbées, ni de leur parcours ultérieur souterrain, ni de leur aboutissement final. En réalité aucune eau n'a été perdue, aucune eau n'a quitté le bassin de la Seine; on a déplacé localement les conduites ordinaires de jonction au fleuve et pour en raccourcir le trajet, sans modification au drainage général. Les forages, en effet, ont donné un passage plus rapide aux eaux supérieures pour les diriger, sans détours, à la nappe générale de fond en équilibre avec le fleuve coulant à découvert. Par ce moyen, en amenant plus d'eau en moins de temps au même passage, on précipite l'inondation au lieu de l'espacer.

Examinons rapidement chacun des exemples donnés.

Romainville. — Un forage de 66^m a fait descendre directement les eaux de l'argile verte jusqu'à la nappe du calcaire de Saint-Ouen, vers 44^m d'altitude, mais on n'a rien enlevé par ce fait à la Seine; nous connaissons, en effet, la nappe du calcaire de Saint-Ouen, elle est en pente rapide sur Saint-Denis, elle est à 40^m à Pantin, à 30^m à Aubervilliers, à 25^m à Saint-Denis, où elle va rejoindre la Seine; en cas de hausse de la Seine, les eaux de la nappe du calcaire de Saint-Ouen s'épanchent mal en Seine et Saint-Denis est submergé; au lieu d'un lent ruissellement naturel des eaux de la nappe de l'argile verte à Romainville, on a brusquement précipité ces eaux en pression donnant une chasse rapide à la nappe de Saint-Ouen; pour assécher Romainville, on va noyer Saint-Denis.

Ferme des Saulniers, commune de Vimory, près Montargis. — On a facilement asséché les terrains de cette ferme par un puits de 14^m de profondeur, mais rien n'a été perdu ou retardé pour le bassin du Loing. Les eaux se sont engouffrées dans un îlot de calcaire de Beauce, mais elles se sont arrêtées sur une couche d'argile à silex imperméable qui revient au jour à quelques kilomètres en aval, et là, à Gué-Perreux, les eaux du fond sont revenues fournir leur contingent au Sorlin, sans avoir à vaincre les mêmes difficultés qu'en surface.

Pierre-Levée, près Coulommiers. — J'ai dressé autrefois la Carte géologique de cette région, le puits et le forage ont conduit les eaux de l'argile verte et du Loupillon directement à 52^m de profondeur dans un niveau statique argileux, dépendant du calcaire de Saint-Ouen, mais niveau fort au-dessus encore du cours du Morin; rien n'a été enlevé à cette rivière, les sources de Pont-Moulin, à 90^m d'altitude, grossies plus rapidement, ont plus vivement aussi regagné le grand Morin qui coule à la cote 75.

Il y aurait à retenir du projet l'idée de M. Dienert qui consiste à mettre des vannes à l'issue des drains qui entraînent les eaux des terrains argileux, de manière à pouvoir les laisser plus longtemps inondés, à ralentir ainsi leur égouttement, pour donner du temps pour l'évacuation des eaux générales en aval. Mais cette action ne peut s'exercer que sur une surface très faible,

elle ne peut se faire qu'au détriment du cultivateur qui a draîné spécialement pour se débarrasser des eaux, et non pour les conserver. C'est une proposition en opposition directe à la méthode des puits absorbants, qui est par elle-même favorable au groupement des eaux.

Nous ne sommes maîtres ni de la quantité d'eau qui tombe, ni du point d'équilibre final des eaux, qui est la mer; nous ne pouvons agir sur elles qu'entre le point de chute et celui de déversement ultime; cette action peut s'exercer de deux manières : nous pouvons ralentir ou précipiter le débit. Pour ralentir les eaux, on fera des barrages, des écluses, des serrements, des plantations, des labours; pour précipiter la marche des eaux, on fera des fossés, des drains, des canaux, des égouts, des puits, des pavages, etc.

Les tentatives qui ont été faites sont en contradiction directe avec le résultat cherché; la géologie nous enseigne que le cours de la Seine est toujours le chemin de moindre résistance pour l'écoulement des eaux de son bassin vers la mer.

A 4 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures.

G. D.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 AVRIL 1913.

PRÉSIDENCE DE M. F. GUYON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Application des formules de viscosité superficielle à la surface d'une goutte liquide sphérique, tombant lentement, d'un mouvement devenu uniforme, au sein d'une masse fluide indéfinie en repos, d'un poids spécifique moindre.* Note de M. **J. Boussinesq.**

I. Appliquons à la chute verticale uniforme (ou régularisée) d'une petite goutte liquide sphérique, de rayon R, dans une masse fluide indéfinie un peu moins lourde, l'expression (2), démontrée dans ma dernière Note [1], des deux tensions superficielles *principales* $\mathcal{F}$, $\mathcal{F}'$ que supportent, en cet état de mouvement, deux certaines *coupes* normales de la mince couche séparant la goutte du fluide ambiant.

Et d'abord, par raison de symétrie, la figure de la goutte reste de révolution autour de son axe vertical, que nous prendrons pour axe des x, à partir du centre *actuel* O de la goutte et en le dirigeant vers le sens (ici *descendant*) du mouvement. Nous considérerons spécialement, tant dans la goutte que dans le fluide extérieur, un demi-plan méridien, dans lequel nous mènerons, à partir du centre O, l'axe horizontal des y. Les vitesses des deux fluides s'y trouveront contenues ou admettront les deux composantes u, v, fonctions de x et de y indépendantes de l'azimut de ce demi-plan méridien.

Nous aurons ici à les étudier sur le demi-cercle de rayon R qui y

---

(1) Voir le précédent *Compte rendu*, p. 983.

constitue un méridien de la couche superficielle. Chacun de ses points sera défini par l'angle λ (*colatitude*) qu'y fera la normale (extérieure) à la goutte avec les x positifs, angle croissant de zéro à π quand on suit ce méridien depuis le *pôle* $x = R$, qui sert de *proue* à la goutte, jusqu'au *pôle* $x = -R$, qui lui sert de poupe.

II. Le calcul des vitesses u, v dans les deux fluides, soit intérieur, soit extérieur, dont chacun est supposé conserver ses volumes, fera l'objet d'une Note ultérieure. Nous ne considérerons ici que la couche séparative des deux, que l'on se donne sphérique et de figure *permanente ;* car, par hypothèse, le phénomène s'est régularisé, ou se conserve pareil *autour* de cette surface géométrique *séparative*, suivie dans son mouvement uniforme descendant. La forme sphérique est d'ailleurs possible physiquement, en raison de la lenteur de la chute qui assure la *linéarité* aux équations du mouvement et, permettant de négliger les carrés des vitesses, supprime les causes d'aplatissement (impulsion vive sur la proue, etc.). Donc, à part la translation descendante de la surface séparative, qui ne modifie pas les distances mutuelles des points de la couche superficielle la recouvrant, ceux-ci ne pourront avoir, le long du méridien considéré, qu'une vitesse G tangentielle, ou *de glissement sur la surface géométrique*, vitesse fonction de λ et d'ailleurs *ascendante*, dirigée vers les colatitudes λ plus élevées; car le liquide intérieur à la goutte, moins retardé dans sa chute que celui de la couche superficielle par la résistance du fluide extérieur, se porte vers le bas de la sphère séparative et oblige la matière de la couche superficielle à s'accumuler vers le haut. Nous admettrons ici, sauf à prouver plus tard l'exactitude de cette hypothèse, *la proportionnalité de* G *au sinus* ($\sin\lambda$) *de la colatitude*, comme si cette petite vitesse tangentielle G était partout la projection, sur la *tangente* à l'arc élémentaire de méridien, d'une vitesse verticale constante.

III. Que seront alors dans la couche, au point M de colatitude λ, les vitesses ∂, ∂' de dilatation des deux files élémentaires *principales*, $ds = R d\lambda$, $ds' = (R \sin\lambda)\omega$, de points matériels, dirigées respectivement, par raison de symétrie, l'une, $ds = R\,d\lambda$, le long du méridien, l'autre, ds', le long du cercle *parallèle* (de rayon $R\sin\lambda$), où il sous-tend un angle au centre, ω, infiniment petit, pris du côté d'un troisième axe coordonné (des z positifs) normal à ceux des x et des y?

La vitesse G tangente au méridien déplace la molécule M, durant un instant dt et le long de ds, de $G\,dt$, réduisant ainsi de $G\,dt$ sa distance à la

seconde extrémité de ds, où se trouve un point matériel M' qui avance aussi, et très sensiblement suivant la même direction, de $\left(G + \frac{dG}{d\lambda}d\lambda\right)dt$. Les deux points M, M' s'éloignent donc de $\frac{dG}{d\lambda}d\lambda\,dt$; et la dilatation *principale* correspondante ∂dt est le rapport de cet éloignement à la longueur primitive $R\,d\lambda$ de MM'; d'où résulte l'expression de ∂.

D'autre part, le chemin $G\,dt$, décrit par le point M suivant l'arc ds incliné de l'angle λ par rapport aux y, accroît de $G\,dt\cos\lambda$ la distance de M à l'axe vertical des x ou le rayon du parallèle sur lequel sera ce point, augmentant ainsi de $(G\,dt\cos\lambda)\omega$ sa distance au point analogue, μ, situé à l'extrémité de ds'. On aura donc aussi, comme valeur de $\partial'\,dt$, le rapport de cet accroissement à $ds' = (R\sin\lambda)\omega$; et de là résultera l'expression de ∂'.

En résumé, les deux vitesses principales ∂, ∂' de dilatation de la couche superficielle vaudront

$$(1) \qquad \partial = \frac{1}{R}\frac{dG}{d\lambda}, \qquad \partial' = \frac{G}{R}\cot\lambda.$$

La double formule (2) de ma précédente Note en déduira les deux tensions superficielles *principales* $\mathcal{F}$, $\mathcal{F}'$ en fonction des vitesses G de glissement.

IV. Considérons maintenant un *élément rectangulaire*, légèrement courbe, de la couche, compris entre l'élément $MM' = ds$ du premier méridien, l'élément égal $\mu\mu'$ (à colatitudes croissant aussi de λ à $\lambda + d\lambda$) du méridien voisin, et deux arcs de parallèles

$$M\mu = ds' = (R\sin\lambda)\omega, \qquad M'\mu' = R(\sin\lambda - d\sin\lambda)\omega,$$

en vue de chercher les composantes totales, suivant la normale OMN à la sphère et suivant la tangente MT, en M, à l'arc $MM' = ds$, des tensions superficielles exercées, tangentiellement à cet élément sphérique, mais perpendiculairement à son contour, sur les quatre côtés du rectangle.

La tension $\mathcal{F}ds'$ que supporte le côté $M\mu$ se compose de forces dirigées, en chaque point de $M\mu$, à l'opposé du méridien ds qui y passe. Or, les angles infiniment petits de ces forces élémentaires avec la tangente en M à M'M ont leurs plans, qui sont ceux de deux génératrices d'un cône circonscrit voisines, presque tangents au cône en M ou presque normaux au plan OMM' des xy; et, par suite, les projections de ces angles sur le plan des xy sont des angles *du second ordre de petitesse*. En d'autres termes, les forces élémentaires composant la tension $\mathcal{F}ds'$ peuvent être censées se pro-

jeter toutes, sur le plan des xy, à l'opposé de la tangente MT à l'arc MM'. Dès lors, l'angle de chacune d'elles avec toute droite du plan des xy émanée du point où elle perce ce plan des xy, est la face hypoténuse d'un trièdre rectangle, ou a pour cosinus le produit des cosinus des deux autres faces, qui sont, d'une part, l'angle de la force élémentaire avec sa projection, d'autre part, l'angle de cette projection avec la droite considérée du plan. Donc, ici où l'angle des forces élémentaires avec leur projection est très petit et a son cosinus réductible à 1 (sauf écarts du second ordre), les cosinus des angles des forces élémentaires avec MN et avec MT seront ceux mêmes des angles de leur projection (à l'opposé de MT) avec MN et avec MT, c'est-à-dire zéro et -1. Ainsi, pour le côté $M\mu$, les deux composantes cherchées seront zéro et $-\mathcal{F}ds'$, ou

$$(2) \qquad 0 \quad \text{et} \quad -R(\mathcal{F}\sin\lambda)\omega.$$

De même, sur le côté opposé $M'\mu'$, où la colatitude est $\lambda + d\lambda$, les tensions élémentaires se projetteront sur le plan des xy suivant la tangente M'T' menée en M' à l'arc MM'; et les cosinus de leurs angles avec MN et avec MT seront ceux relatifs à M'T', savoir $\cos\left(\frac{\pi}{2}+d\lambda\right)$ et $\cos(d\lambda)$, ou $-d\lambda$ et 1. Or cette force est $\mathcal{F}ds'$ accrue de sa différentielle en λ, savoir $R\left(\mathcal{F}\sin\lambda + \frac{d.\mathcal{F}\sin\lambda}{d\lambda}d\lambda\right)\omega$. Elle donnera donc, suivant MN et suivant MT, les deux composantes respectives

$$(3) \qquad -R(\mathcal{F}\sin\lambda)\,\omega\,d\lambda \quad \text{et} \quad R\left(\mathcal{F}\sin\lambda + \frac{d.\mathcal{F}\sin\lambda}{d\lambda}d\lambda\right)\omega.$$

Passons aux tensions que supportent les deux côtés MM' et $\mu\mu'$, ou ds, contigus aux deux demi-plans méridiens. Sur le premier, MM', la tension, $\mathcal{F}'ds$ ou $R\mathcal{F}'d\lambda$, est perpendiculaire au plan des xy et ne donne aucune composante suivant les droites MN, MT de ce plan. Sur le deuxième, $\mu\mu'$, la tension (toute pareille), $R\mathcal{F}'d\lambda$, est perpendiculaire au demi-plan méridien voisin $O\mu\mu'$. Si on la transporte au centre O parallèlement à elle-même, elle sera donc dans le plan de l'équateur, où elle fera l'angle $\frac{\pi}{2}+\omega$ avec l'axe des y positifs, à l'opposé duquel elle se projettera sur le plan des xy. Donc ses deux angles avec la normale OMN et avec la parallèle à MT menée par le centre O, seront les faces hypoténuses de deux trièdres rectangles ayant tous deux $\frac{\pi}{2}+\omega$ pour seconde face (dans le plan de l'équateur) et, respectivement, $\frac{\pi}{2}-\lambda$, λ comme troisièmes faces. Les cosinus

correspondants des faces hypoténuses seront donc $-\omega \sin\lambda$, $-\omega\cos\lambda$; et l'on aura, suivant MN et suivant MT, les composantes respectives

$$(4) \qquad -\mathrm{R}(\mathcal{F}' \sin\lambda)\,\omega\, d\lambda \quad \text{et} \quad -\mathrm{R}(\mathcal{F}' \cos\lambda)\,\omega\, d\lambda.$$

Les composantes totales, suivant la normale à la sphère et suivant le méridien, des tensions superficielles exercées sur tout le contour du rectangle élémentaire $ds\,ds'$, seront les deux sommes respectives des expressions (2), (3) et (4). En y substituant à $\mathrm{R}\omega\, d\lambda$ le quotient de $ds\,ds'$ par $\mathrm{R}\sin\lambda$, il vient ainsi

$$(5) \qquad -\frac{\mathcal{F}+\mathcal{F}'}{\mathrm{R}}\,ds\,ds' \quad \text{et} \quad \frac{1}{\mathrm{R}\sin\lambda}\left(\frac{d.\mathcal{F}\sin\lambda}{d\lambda} - \mathcal{F}'\cos\lambda\right)ds\,ds'.$$

V. Il faudra diviser ces forces par $ds\,ds'$, afin de les rapporter à l'unité d'aire de l'élément de couche; et, comme cet élément a sa masse ou, par suite, son poids et ses *inerties*, négligeables (même par unité d'aire), on écrira qu'il est en équilibre sous leur action, jointe à celle des *tractions*, que nous appellerons $\mathfrak{N}$ suivant la normale, $\mathfrak{T}$ suivant le méridien, exercées par le fluide extérieur sur la face convexe de la couche superficielle, et à celle des tractions analogues, dont nous appellerons $-\mathfrak{N}'$, $-\mathfrak{T}'$ les composantes suivant les mêmes normale et tangente au méridien, exercées par la matière de la goutte sur la face concave de la couche, forces égales et contraires aux actions $\mathfrak{N}'$, $\mathfrak{T}'$ de la couche elle-même sur le fluide intérieur. Donc les expressions (5), divisées par $ds\,ds'$, puis accrues respectivement de $\mathfrak{N}-\mathfrak{N}'$ et de $\mathfrak{T}-\mathfrak{T}'$, donneront sommes algébriques nulles. Et en effectuant, dans la seconde (5), la différentiation de $\mathcal{F}\sin\lambda$, il viendra

$$(6) \qquad \mathfrak{N}-\mathfrak{N}' = \frac{\mathcal{F}+\mathcal{F}'}{\mathrm{R}}, \quad \mathfrak{T}-\mathfrak{T}' = -\frac{1}{\mathrm{R}}\left[\frac{d\mathcal{F}}{d\lambda} + (\mathcal{F}-\mathcal{F}')\cot\lambda\right].$$

Telles seront les deux conditions *dynamiques* imposées aux pressions $(\mathfrak{N}, \mathfrak{T})$, $(\mathfrak{N}', \mathfrak{T}')$ s'exerçant respectivement au dedans et au dehors de la couche superficielle, en outre des deux relations de *non-rupture* de cette couche, qui consisteront dans la parité des vitesses respectives u et v sur les deux faces.

VI. Tenons finalement compte de la proportionnalité de G à $\sin\lambda$. Les relations (1) donnent alors $\partial' = \partial$; et il résulte de la double formule (2) de ma dernière Note que l'on a

$$(7) \qquad \mathcal{F}' = \mathcal{F} = f + 2(\mathrm{e}+\mathrm{e}_1)\,\partial = f - e\,\partial = f + \frac{e}{\mathrm{R}}\frac{d\mathrm{G}}{d\lambda}.$$

Donc les deux coefficients e, e_1 de *viscosité superficielle* se fondent ici en un seul $2(e + e_1)$, que l'on peut appeler e; et *la couche superficielle sphérique reste, même à l'état de mouvement, isotrope autour de chacune de ses normales, dans une étendue infiniment petite.*

La tension superficielle y a la valeur *dynamique* $f + e\partial$, pareille dans tous les azimuts.

Si l'on observe que la dérivée seconde de G en λ égale — G, les formules (6) deviennent

$$(8) \qquad \mathfrak{N} - \mathfrak{N}' = \frac{2}{R}\left(f + \frac{e}{R}\frac{dG}{d\lambda}\right), \qquad \mathfrak{C} - \mathfrak{C}' = \frac{e}{R^2} G.$$

Ce sont celles que nous aurons à appliquer.

M. **Charles Moureu**, en présentant à l'Académie un Mémoire intitulé *Recherches sur les gaz rares des sources thermales; leurs enseignements concernant la Radioactivité et la Physique du globe* (*Journal de Chimie physique*, t. XI, n° 1, 1913, p. 63-153), s'exprime en ces termes :

Dans cette brochure de 91 pages, j'ai exposé dans leur ensemble les recherches que j'ai effectuées sur les gaz rares des mélanges gazeux qui se dégagent aux griffons des sources thermales, ainsi que les conséquences qui en découlent pour la Radioactivité et la Physique du Globe. Commencées en 1895, peu après la découverte de l'argon par Lord Rayleigh et Sir William Ramsay, les expériences ont été activement poursuivies depuis 1902, avec, depuis 1905, la collaboration, successivement, de M. Robert Biquard, puis de M. Adolphe Lepape.

Un nombre considérable de documents nouveaux ont été accumulés. La plupart, ainsi que les enseignements qu'ils comportaient, ont été communiqués déjà à l'*Académie des Sciences* (principalement par l'organe de notre confrère M. Deslandres, avant que j'eusse l'honneur de faire partie de l'Académie), au *Bulletin de la Société chimique*, au *Journal de Pharmacie et de Chimie*, ou à l'*Académie de Médecine*.

Comme il arrive souvent au cours de travaux de longue haleine, mes idées sur la question ont évolué à la lumière des faits, et, à cet égard, la production d'hélium aux dépens du radium, observée par Sir William Ramsay et Frédéric Soddy en 1903, à une époque où, de divers côtés (Sir J.-J. Thomson, Pierre Curie et Albert Laborde, etc.), on signalait la présence de l'émanation du radium dans les sources, ne manqua pas de donner

à mes recherches une orientation décisive. D'un autre côté, les diverses techniques de ce travail, dont l'exécution a présenté de grandes difficultés, ont été sans cesse perfectionnées. Beaucoup de sources, d'ailleurs, ont fait l'objet de mesures répétées, soit sur le même échantillon, soit sur des échantillons récoltés à des dates différentes, parfois distantes de plusieurs années. Bien que nous n'ayons généralement observé que de faibles écarts entre les divers résultats obtenus pour une même source, nous avons cru devoir choisir parmi eux, pour les présenter comme définitifs, ceux qui correspondent aux expériences qui ont été conduites dans les meilleures conditions (sans préjudice de la variation possible de la composition des mélanges gazeux fournis par la source à des intervalles de temps plus ou moins longs).

Pour ces raisons, il m'a semblé utile, opérant une refonte complète du sujet, d'en faire un exposé général et complet, au double point de vue théorique et expérimental, sans souci de l'ordre chronologique des publications antérieures. On trouvera d'ailleurs, dans le présent Mémoire, nombre de détails de toute nature encore inédits.

En 1903, au moment où j'entrepris une étude systématique du sujet (après avoir eu l'occasion, depuis 1895, de m'en occuper à maintes reprises, ainsi que d'autres expérimentateurs; en France : Bouchard, Troost, Ouvrard, Desgrez, Parmentier, Moissan), l'argon et l'hélium, ou l'un de ces deux gaz seulement, avaient été décelés dans quelques sources, et le néon dans une seule source; quant au krypton et au xénon, ils n'avaient encore été signalés que dans l'air atmosphérique.

Les sources dont l'étude constitue la base expérimentale de nos recherches sont au nombre de 70. Elles sont presque toutes françaises, et elles présentent d'ailleurs une grande variété dans leurs minéralisations comme aussi dans leurs origines géologiques.

Voici les résultats essentiels de ce long travail et quelques considérations qu'ils suggèrent :

1° En dehors des gaz courants (azote, anhydride carbonique, etc.), toutes les sources contiennent de l'hélium, du néon, du krypton, du xénon et des émanations radioactives. Ceci est en parfait accord avec la présence des gaz rares et des émanations radioactives dans l'air atmosphérique. En ce qui concerne l'hélium, les prévisions sont pleinement vérifiées. L'hélium, en effet, se produit dans la désintégration des substances radioactives, et des traces de celles-ci se rencontrent partout dans le sol et le sous-sol

(minéraux, roches, eaux minérales, gaz); on devait donc trouver de l'hélium dans toutes les sources.

Quant aux proportions des divers éléments, elles varient, suivant les sources, dans de larges limites. Pour ne considérer que l'hélium, on en trouve, par exemple, pour 100 volumes de gaz spontanés bruts : 0,0015 à Vichy (Chomel), 0,893 à Saint-Honoré, 5,77 à Maizières, 10,16 à Santenay. Les gaz spontanés des sources de Santenay sont les plus riches connus en hélium. On voit à quel degré peuvent atteindre les concentrations en hélium, et quand on considère que la teneur de l'air en hélium est incomparablement plus faible (environ $\frac{1}{200000}$), cette observation apparaît immédiatement avec toute son importance.

L'intérêt que présentent certains débits n'est pas moindre. Les sources de Bourbon-Lancy (10000^{l} par an), de Santenay (17000^{l}), de Néris (34000^{l}), constituent de véritables gisements d'hélium. Les sources en apportent ainsi perpétuellement, dans l'atmosphère, des quantités relativement énormes. Que signifient ces importants dégagements d'hélium ? Si l'on supposait constante dans le temps la masse de radium (avec sa série, en équilibre radioactif) capable d'entretenir la chaleur de la Terre, et si l'on admettait que tout l'hélium engendré s'est déversé dans l'atmosphère, on calcule qu'il aurait suffi de 7000 siècles pour y amener tout l'hélium qui s'y trouve actuellement. Mais quelle fraction de l'hélium produit arrive dans l'atmosphère? Le millième, le millionième? Nul ne le sait. Est-ce par les sources qu'il y est surtout apporté? Peut-être. D'un autre côté, on a de bonnes raisons de penser qu'une véritable distillation d'hélium doit s'effectuer continûment de l'atmosphère terrestre vers les espaces célestes. Cette perte incessante d'hélium que subit notre atmosphère est-elle compensée par l'apport du même gaz qu'elle reçoit de la profondeur? Y a-t-il, au contraire, appauvrissement ou enrichissement de l'atmosphère en hélium? Ces questions, et bien d'autres qui s'y rattachent, nous ne pouvons aujourd'hui que les poser sans les résoudre. Du moins leur seul énoncé suffit-il à mettre en évidence le haut intérêt que présente toute recherche visant à nous éclairer sur le rôle de l'hélium dans la Physique du Globe.

2° Nous avons reconnu, M. Lepape et moi, que les trois gaz : argon, krypton, xénon (auxquels on pourra ajouter très vraisemblablement le néon), sont en rapports numériques mutuels sensiblement constants dans toutes les sources, et que ces rapports sont à peu près les mêmes que dans l'air atmosphérique. Il y a là un fait très remarquable, que nous expliquons par

l'inertie chimique de ces éléments et leur état gazeux dans de larges limites de température et de pression. Grâce à ce double caractère, en effet, tandis que les corps doués d'affinités chimiques contractaient des combinaisons, les éléments considérés sont restés libres, et ils ont conservé toujours et partout, depuis la formation de la nébuleuse, leurs mêmes rapports quantitatifs.

Il importe d'ajouter que l'hélium ne présente aucune proportionnalité avec les autres gaz. La raison en est facile à concevoir. Partout, dans l'écorce terrestre, de l'hélium se produit constamment aux dépens des corps radioactifs; or ceux-ci sont très inégalement répartis dans les différents terrains.

L'azote, qui existe dans toutes les sources comme dans l'atmosphère, est un gaz *relativement* inerte. On pouvait donc s'attendre à trouver une certaine uniformité dans ses rapports avec l'argon, par exemple. Nos résultats sont en accord très satisfaisant avec cette conception.

On retrouve la même constance des rapports dans les grisous, dont nous avons aussi, M. Lepape et moi, étudié méthodiquement la partie non combustible. Et il n'y a pas de doute que, dans l'Univers, la constance des rapports entre éléments libres, *ne présentant entre eux aucune filiation* (cette restriction vise les corps radioactifs), ne tienne à la fois à leur inertie chimique et à leur état gazeux.

Une dernière remarque s'impose ici. Le fait que l'argon, le krypton et le xénon sont en rapports mutuels sensiblement constants, est difficile à concilier avec l'hypothèse suivant laquelle ces gaz se produiraient actuellement par la désintégration d'autres atomes. Et leur situation vis-à-vis des corps radioactifs se présente ainsi, d'après les seuls résultats de nos déterminations, comme très différente de celle de l'hélium.

En dehors des gaz thermaux et des grisous, bien d'autres gaz géologiques restent encore à examiner au même point de vue : sources sèches d'anhydride carbonique, dégagements instantanés du même gaz dans certaines mines de charbon, gaz des puits à pétrole, etc.

Pour ce qui est de l'air atmosphérique, si l'on se rappelle que plusieurs lignes du spectre du krypton, notamment, se retrouvent dans celui des aurores polaires, dont les hauteurs atteignent plusieurs centaines de kilomètres, on conçoit quel intérêt tout particulier présentera le dosage de ce gaz aux hautes altitudes.

Je ne puis, en terminant, m'empêcher de faire remarquer toute la variété

et toute l'étendue des domaines où, sous la poussée des faits et de leur logique, on est conduit de proche en proche par la seule étude de la dissémination des gaz rares dans la Nature. Cela tient à la situation toute privilégiée qu'occupent l'argon et ses congénères vis-à-vis des autres éléments. Leur complète inertie les place, pour ainsi dire, en marge de la Chimie. Elle leur assure une éternelle inviolabilité; elle les protège contre tous les cataclysmes de l'Astronomie et de la Géologie, auxquels ils assistent en témoins indifférents et universellement respectés. Grâce, en outre, à leur état gazeux, l'accès leur est facile dans tous les fluides et dans toutes les atmosphères, où les cinq membres de la famille voyagent toujours de compagnie et en toute liberté.

Il est manifeste que les problèmes nouveaux qui se posent sans cesse ne pourront être résolus que si l'on accumule d'abord, en grand nombre, les données expérimentales dont la comparaison fera apparaître des relations plus ou moins attendues ou même insoupçonnées.

CHIMIE MINÉRALE. — *Déshydratation et décomposition des hydrates du nitrate d'uranyle. Formation d'un monohydrate.* Note de M. de **Forcrand**.

A plusieurs reprises, divers auteurs ont porté leur attention sur la préparation des hydrates du nitrate d'uranyle, sur leur déshydratation et sur leur décomposition progressives par la chaleur. Parmi les travaux les plus récents, il me suffira de citer ceux de MM. Vassilief, Lebeau et Markétos (1).

Il résulterait de ces recherches qu'il existe trois hydrates contenant 2^{mol}, 3^{mol} ou 6^{mol} d'eau, et que le sel anhydre peut s'obtenir par l'action de la chaleur (175°) sur l'un d'eux, dans un courant de gaz carbonique sec chargé de vapeurs nitriques.

J'ai cherché à préciser quelques-uns de ces faits.

1° *Déshydratation à froid de l'hexahydrate ordinaire, sous cloche sulfurique, à la pression atmosphérique.*

D'après M. Vassilief, on obtiendrait ainsi le dihydrate au bout de

(1) Vassilief, *J. S. phys. chim. russe*, t. XLII, 1910, p. 570, et *B. Soc. chim.*, t. X, 1910, p. 642. — Lebeau, *B. Soc. chim.*, t. IX, 1911, p. 176, 276, 295, 298; t. XI, 1912, p. 245, 737, 799, 847. — Markétos, *B. Soc. chim.*, t. XI, 1912, p. 244 et *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 210.

24 heures, tandis que M. Lebeau n'a pu isoler que le trihydrate après 25 jours seulement. En réalité le terme final est bien le dihydrate, mais on ne l'obtient qu'au bout de 1 mois environ. La déshydratation se fait en deux phases successives : pendant la première, qui ne dure que 4 ou 5 jours, on *tend* vers le trihydrate; puis, lorsqu'il est formé, la perte d'eau devient beaucoup plus lente (quinze fois plus lente en moyenne), et s'arrête complètement lorsqu'on est arrivé à la composition du dihydrate. Il n'y a pas de séparation nette entre les deux phases, mais seulement un ralentissement très marqué de la déshydratation lorsqu'on passe par le trihydrate.

2° *Déshydratation à froid de l'hexahydrate ordinaire, sous cloche sulfurique, dans le vide.*

Les phénomènes sont les mêmes que précédemment, mais ont lieu plus rapidement. Il y a encore deux phases successives, la première ne durant que quelques heures, la seconde 5 à 6 jours. A partir de ce moment le poids du sel reste absolument constant, et l'on obtient exactement le dihydrate [1], dont la tension d'efflorescence est par conséquent pratiquement nulle à + 15°. Ce produit est jaune clair.

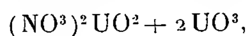
3° *Déshydratation à chaud de l'un des trois hydrates précédents.*

Il sera évidemment avantageux de prendre comme point de départ le dihydrate, préparé comme il est expliqué plus haut.

J'ai effectué les quatre expériences suivantes :

a. Déshydratation du dihydrate à 160° dans un courant de gaz carbonique sec (sans addition de vapeurs azotiques).

On arrive ainsi à déshydrater complètement, en 3 ou 4 heures, plusieurs grammes de sel; mais il y a un dégagement notable de vapeurs d'acide azotique. Le produit est jaune orangé et contient de l'acide uranique UO^3, H^2O. Il est cependant encore soluble dans l'eau sans résidu [2]. Sa composition est plus ou moins voisine de celle de la combinaison



$$(NO^3)^2UO^2 + 2\,UO^3,$$

(1) L'analyse a donné : 62,84 pour 100 de UO^2, au lieu de 62,83, en admettant que $U = 238,5$.

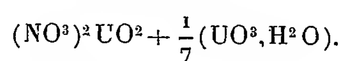
(2) M. Lebeau a montré que l'acide uranique est assez soluble dans les dissolutions aqueuses de nitrate d'uranyle.

qui serait l'orthonitrate d'uranyle, et qui a été aperçue et indiquée à plusieurs reprises.

b. Déshydratation du dihydrate à 125°-130° dans un courant de gaz carbonique sec (sans addition de vapeurs azotiques).

L'expérience est déjà beaucoup plus longue ; au bout de 4 ou 5 heures, la perte de poids correspond à peu près à 1^{mol} d'eau; puis il faut ensuite poursuivre la déshydratation pendant 55 à 60 heures pour arriver à un poids sensiblement constant. La vitesse est donc alors douze fois moindre que dans la première partie de l'expérience, ce qui indiquerait déjà l'existence d'un monohydrate.

J'ai pris soin non seulement de noter la perte de poids de la nacelle, mais aussi de recueillir et de doser les vapeurs d'acide azotique dégagées. D'après ces données, l'azotate devenu anhydre avait perdu, à la fin de l'opération, 12,5 pour 100 de l'acide azotique qu'il contenait virtuellement au début. Ces résultats conduisent à la composition

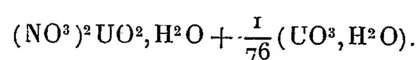


$$(NO^3)^2UO^2 + \frac{1}{7}(UO^3, H^2O).$$

Ce produit est jaune, un peu orangé.

c. Déshydratation du dihydrate à 98° dans un courant de gaz carbonique sec (sans addition de vapeurs azotiques).

L'élimination de l'eau a lieu encore, mais beaucoup plus lentement. Il faut cette fois 150 heures pour obtenir non pas un arrêt complet, mais un ralentissement très marqué. La perte totale du poids et la perte d'acide azotique conduisent alors à la composition



$$(NO^3)^2UO^2, H^2O + \frac{1}{76}(UO^3, H^2O).$$

C'est donc un monohydrate de nitrate d'uranyle presque pur, contenant moins de 1 pour 100 d'acide uranique. D'ailleurs l'analyse complète confirme ce résultat [1]. Ce produit est jaune clair.

d. Déshydration du dihydrate à 165° dans un courant de gaz carbonique sec chargé de vapeurs d'acide azotique.

---

[1] J'ai trouvé, pour 100 : NO^3 29,89 et UO^2 65,85, tandis que la formule indiquée demanderait 29,77 et 65,80, et que le monohydrate pur donnerait 30,06 et 65,58. On voit par là que la seule analyse du produit permettrait à peine de reconnaître les traces d'acide uranique qu'il contient, si le dosage de l'acide azotique éliminé ne les indiquait pas.

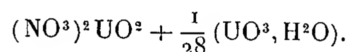
C'est l'expérience de M. Markétos, dont j'ai suivi exactement toutes les indications, sauf que la température (165°) a été maintenue un peu plus basse que celle indiquée par ce savant (175°), dans le but de rendre la décomposition du sel moins profonde.

J'ai encore déterminé, toutes les 3 heures, la perte de poids de la nacelle.

D'après ces pesées, après 3 heures, le sel avait encore à peu près la composition d'un monohydrate; puis il a fallu 12 heures pour arriver à un poids constant, correspondant sensiblement au sel anhydre. Ce ralentissement, après les 3 premières heures, confirme encore l'existence du monohydrate.

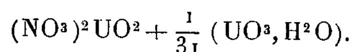
Mais on constate en outre que la perte de poids de la nacelle dépasse notablement le poids d'eau contenu dans le dihydrate pris comme point de départ, lequel est cependant, avons-nous dit, absolument pur. De l'acide azotique avait donc encore été éliminé, malgré la présence de vapeurs azotiques dans le gaz carbonique.

En évaluant cette élimination d'acide azotique d'après l'excès de la perte totale sur le poids d'eau contenue dans le dihydrate, on arriverait à la composition suivante :



$$(NO^3)^2UO^2 + \frac{1}{28}(UO^3, H^2O).$$

D'ailleurs l'analyse a confirmé cette formule ([1]). Ce produit est jaune clair. En répétant cette expérience à une température un peu plus basse (155°), j'ai obtenu sensiblement le même résultat ([2]) :



$$(NO^3)^2UO^2 + \frac{1}{31}(UO^3, H^2O).$$

On voit donc qu'à la température indiquée par M. Markétos (175°), on obtient bien, par sa méthode, le sel anhydre, mais souillé de près de 3 pour 100 d'acide uranique. La présence des vapeurs nitriques retardent donc beaucoup la décomposition, dans le rapport de 15 à 1 à peu près, mais ne l'empêche pas absolument à 175°, 165° et même 155°. Pour obtenir un produit anhydre ne contenant que des traces d'acide uranique, il faudrait

(1) J'ai trouvé, pour 100 : NO^3 30,66 et UO^2 69,14, tandis que la formule indiquée demanderait 30,59 et 69,11 et que le sel anhydre pur donnerait 31,44 et 68,56. Ici l'analyse seule suffit pour affirmer la présence de l'acide uranique (2,67 pour 100 du poids total du produit).

(2) Mais l'expérience est alors déjà beaucoup plus longue, 30 heures environ.

ne pas dépasser 125°-130° et opérer avec du gaz carbonique chargé de vapeurs nitriques; mais on a vu qu'à cette température on doit prolonger l'expérience pendant plus de 60 heures [1].

GÉOLOGIE. — *Observations sur l'histoire géologique pliocène et quaternaire du golfe et de l'isthme de Corinthe.* Note de M. **Charles Depéret.**

II. Période quaternaire (*suite*). — J'ai montré (*Comptes rendus*, 3 mars 1913) que la phase continentale qui caractérise l'histoire du golfe de Corinthe pendant la première partie des temps quaternaires avait été brusquement interrompue par une *transgression marine*, correspondant à l'époque des couches à *Strombus mediterraneus*. Les dépôts marins de cette transgression peuvent être suivis depuis l'isthme de Corinthe jusqu'à Patras.

Dans le centre de l'isthme, la magnifique tranchée du canal de Corinthe entaille sur 80^{m} de hauteur un bombement central de marnes pliocènes levantines, flanqué en discordance des deux côtés par des grès et conglomérats quaternaires, riches en coquilles marines, et découpés par des failles en gradin tout à fait remarquables. Grâce aux facilités exceptionnelles que présente l'étude de cette tranchée découverte, j'ai pu me faire une idée nette de ces dépôts marins, déjà bien étudiés par M. Philippson (*Der Isthmos von Corinth*, 1890). Le quaternaire débute par des marnes sableuses jaunâtres, dans lesquelles s'intercalent plusieurs bancs de sables et graviers gris verdâtre, à nombreux éléments de gabbros et de serpentines; puis viennent des mollasses jaunes encore intercalées de graviers serpentineux vers le haut; enfin, on passe à des grès en plaquettes cariés qui terminent la série marine ravinée en quelques points par des limons sableux rougeâtres d'origine continentale.

J'ai observé la même succession au nord de l'isthme dans les collines du *pays de Krommyonia*, notamment près de Kalamaki, où ces dépôts marins ont été décrits depuis longtemps par Th. Fuchs. On les revoit au sud du

(1) On remarquera que l'expérience des *quatre* hydrates du nitrate d'uranyle, à 6, 3, 2 et 1 H^2O, est en opposition avec la thèse soutenue récemment par M. Rosenstiehl (*Bulletin de la Société chimique*, t. IX, 1911, p. 174) : « Il n'y a pas d'exemple, dit-il, de sels hydratés ne perdant qu'une molécule d'eau, en dehors de ceux qui n'en contiennent qu'une seule. » En fait, le trihydrate de nitrate d'uranyle perd d'abord une molécule d'eau, puis une autre, puis une troisième.

canal dans le bas plateau d'Isthmia-Kenchræe et ils se prolongent vers l'Ouest par Hexamilia jusque bien au delà de la ville de Corinthe.

J'ai déjà indiqué que ces mollasses et graviers marins étaient discordants par rapport aux marnes pliocènes. La discordance est peu évidente dans la tranchée du canal, mais devient très manifeste à l'ouest de Corinthe. M. Négris m'a montré, derrière la propriété Tryphos, le conglomérat quaternaire à galets verts, presque horizontal sur les tranches redressées des marnes pliocènes. M. Philippson a noté cette même discordance en divers points au bas plateau de Stimanga, entre Kiaton et Xylokastron etc. Il n'est permis de conserver aucun doute sur l'indépendance complète de ces deux formations.

La faune marine de ces couches présente un cachet d'ensemble des plus récents, la majeure partie des espèces se retrouvant vivantes dans la Méditerranée. Néanmoins, les opinions ont beaucoup varié sur l'âge de ces couches. Th. Fuchs, et plus tard MM. Philippson et Oppenheim les ont attribuées au Pliocène supérieur de Rhodes et de Cos, d'après la présence de quelques coquilles à affinités pliocènes et même miocènes, dont les déterminations demanderaient sans doute à être revisées : tel le *Strombus coronatus* qui est, en réalité, le *Strombus mediterraneus* ou *bubonius*, actuel du Sénégal. Gaudry et Neumayr ont soupçonné l'âge quaternaire de ces couches qui a été définitivement établi par les déterminations de M. Jousseaume, mais sans qu'aucun des savants précités ait indiqué le niveau stratigraphique précis de ces dépôts.

J'ai repris à mon tour l'étude de cette belle faune, en utilisant, à l'École des Mines de Paris, les collections Ed. Fuchs et Chaper et surtout les magnifiques séries de l'Université d'Athènes recueillies par l'Administration du canal de Corinthe à l'époque du percement de l'isthme. Négligeant les espèces méditerranéennes actuelles qui forment le fond de la faune, j'attirerai seulement l'attention sur un petit nombre de coquilles caractéristiques, étrangères à la faune méditerranéenne, mais identiques à des espèces encore vivantes dans l'Atlantique tropical ou tempéré.

1° Le *Strombus mediterraneus* Duclos, identique, ou peu s'en faut, au *Strombus bubonius* actuel de Madère et du Sénégal (5 à 6 exemplaires à l'Université d'Athènes);

2° Le *Conus guinaicus* Hwass, grande forme bien distincte du petit *Conus mediterraneus* et identique à l'espèce vivante des côtes de Guinée;

3° La *Natica lactea* Guilding, espèce du sous-genre *Mamma*, qui se retrouve vivante sur la côte occidentale d'Afrique;

4° Un *Pecten* du groupe du *P. maximus* de l'Atlantique tempéré, ayant les côtes

rondes et multistriées du type des côtes de France, avec la forte convexité de la grande valve du *P. jacobæus* de la Méditerranée.

Je signalerai en outre quelques belles coquilles, fréquentes à Corinthe, et qui, devenues aujourd'hui plus rares dans la Méditerranée, contribuent à donner à la faune de cet horizon un cachet de mer plus chaude que la Méditerranée actuelle : telles sont *Cassis undulata*, *Tritonium nodiferum*, *Purpura hæmastoma*, *Mytilus galloprovincialis* var. *herculea*, etc.

La présence des trois premières espèces, *Strombus mediterraneus*, *Conus guinaicus*, *Natica lactea*, suffit à caractériser la *faune chaude* émigrée de l'Atlantique tropical dans la Méditerranée à une époque où la ligne de rivage se trouvait à l'altitude d'environ 30^{m}. Cet horizon faunique, qui se complète par quelques autres formes jusqu'ici inconnues dans l'isthme de Corinthe, *Tritonidea viverrata*, *Tritonium ficoides*, *Tugonia anatina*, etc., constitue un niveau stratigraphique d'une remarquable unité, qui s'observe identique dans toute la Méditerranée occidentale, en Catalogne, aux Baléares, à Nice, en Algérie, en Tunisie, à Tarente, en Sicile, etc. Dans la Méditerranée orientale, il n'était encore cité que de l'île de Chypre (Gaudry), mais il est à prévoir qu'on en découvrira d'autres gisements.

En dehors des Mollusques, les couches à Strombes du golfe de Corinthe ont fourni d'importants débris de Mammifères terrestres. Dans les graviers serpentineux de la tranchée du canal, on a recueilli, lors des travaux, une belle mandibule d'Éléphant, que j'ai étudiée à l'Université d'Athènes, et qui se rapporte au groupe de l'*Elephas antiquus* par la forme étroite des molaires, mais avec des lamelles d'émail plus épaisses et surtout plus ondulées : c'est une variété ou *race locale* identique à l'Éléphant du bassin de Mégalopolis, nommé par M. Scouphos *Elephas Gortyniensis* (*in coll.*).

A l'autre extrémité du golfe, à Patras, on a recueilli, dans les graviers fluvio-marins de la carrière Costakis, une belle molaire du même Éléphant que j'ai vue à l'Université d'Athènes. Dans une visite que j'ai faite au gisement sous la conduite de M. Négris, nous avons pu recueillir, avec des lamelles de molaires et des fragments d'os de ce Proboscidien, une défense d'un énorme Sanglier (*Sus scrofa ferus*) et un métacarpe d'un Cervidé de la taille du Chevreuil (*Cervus capreolus*). Il y a là un véritable gisement qui mériterait d'être suivi avec soin.

Il me reste à indiquer les conditions paléogéographiques et tectoniques des couches à Strombes dans le golfe de Corinthe :

1° Il est de toute évidence que le *bras de mer corinthien* avait été rétabli

à ce moment et que le Péloponèse était redevenu une île comme aux temps pliocènes. En effet les couches à Strombes traversent l'isthme de Corinthe sur une grande largeur entre les monts Geraneia et le massif de l'Oneion. Je les ai signalées plus à l'Ouest à Vieille-Corinthe, et M. Philippson a pu suivre au loin le tracé de ces couches marines (qu'il attribue à tort au Pliocène supérieur) par Stimanga, Vasiliko, Kiaton, Melissi, Dervenion, Akrata, Trapeza jusqu'à Diakoptika, sur un trajet de 90^{km}.

Plus à l'Ouest encore, j'ai observé à Patras, dans le faubourg Tabachana, un important lambeau de graviers et poudingues, adossés aux marnes pliocènes, et ayant la plus grande analogie avec les graviers de l'isthme. La présence d'un banc à *Ostrea edulis* à la base de la carrière Costakis (gîte des Mammifères cités plus haut) ne laisse aucun doute sur l'origine marine ou fluvio-marine de ce dépôt quaternaire qui doit avoir aux environs de Patras une assez grande extension, que je ne puis préciser.

2° L'un des caractères les plus intéressants de ces couches à Strombes réside dans leur état extrême de dislocation. Alors que la ligne de rivage normale de cette époque se retrouve partout dans la Méditerranée occidentale et jusqu'à Chypre à l'altitude d'environ 30^m, ces couches ont été emportées ici à des altitudes très fortes : 70^m dans le centre de l'isthme, 150^m aux environs de Kalamaki, et, d'après M. Philippson, jusqu'à 350^m dans la région centrale du golfe. Il est curieux de remarquer que la plus forte altitude des couches à Strombes coïncide justement avec la région de soulèvement maximum des dépôts pliocènes.

Ce soulèvement du Quaternaire marin a été accompagné d'un système de failles parallèles, à direction Est-Ouest, qui ont découpé les couches à Strombes en gradins effondrés vers l'axe du golfe. La tranchée du canal montre d'une manière admirable les graviers marins découpés à droite et à gauche du bombement pliocène par une douzaine de failles qui les abaissent de l'altitude de 70^m jusqu'au niveau de la mer. Près de Vieille-Corinthe, j'ai observé avec M. Négris un premier gradin de faille à l'altitude de 20^m, un deuxième à 55^m-60^m, enfin un troisième ressaut à 90^m-95^m qui s'éleva rapidement à l'Est jusqu'à 112^m. Au plateau de Stimanga, M. Philippson figure un gradin supérieur à 326^m et deux gradins plus bas à 164^m et à 144^m d'altitude. Ce régime de failles se poursuit sur toute la longueur de la bande quaternaire avec une intensité variable suivant les points.

C'est à ce système de dislocation par *soulèvement* et *effondrements consécutifs* qu'est due la géographie actuelle du golfe de Corinthe. Le dôme

anticlinal du centre de l'isthme est la cause déterminante de l'existence de cet isthme et de la soudure tardive du Péloponnèse avec le continent. Les effondrements post-quaternaires ont déterminé la forme actuelle du golfe dont la fosse centrale descend à la profondeur de 700^{m}, exactement à la hauteur de la région de soulèvement maximum des dépôts pliocènes et quaternaires.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'une Commission qui sera chargée de présenter une liste de candidats pour les trois premières places nouvellement créées de Membres non résidents.

La Commission, qui se réunira sous la présidence de M. le Président de l'Académie, doit comprendre trois Membres de la Division des Sciences mathématiques et trois Membres de la Division des Sciences physiques.

MM. **Darboux**, **Émile Picard**, **Villard**, pour les Sciences mathématiques; MM. **Ph. van Tieghem**, **Haller**, **Douvillé**, pour les Sciences physiques, réunissent la majorité absolue des suffrages.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Records of the Survey of India*, Volume II, 1910-1911, *prepared under the direction of Colonel* S.-G. Burrard. (Transmis par le Ministre des Affaires étrangères.)

2° *Collected Papers by officers of the* Royal Army medical Corps; Volume I.

3° *Annales de l'Observatoire national d'Athènes*, publiées par Démétrius Eginitis; Tome VI.

4° *Les Céphéides considérées comme étoiles doubles, avec une monographie de l'étoile variable δ Céphée*, par Michel Luizet. (Présenté par M. B. Baillaud.)

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil, faites à l'Observatoire de Lyon, pendant le troisième trimestre de* 1912. Note de M. **J. Guillaume**, présentée par M. B. Baillaud.

Le nombre des jours d'observations a été de 76 dans le trimestre et voici les principaux faits qui en résultent :

Taches. — On a noté 8 groupes de taches avec une surface totale de 132 millionièmes, au lieu de 7 groupes et 528 millionièmes précédemment.

Un seul de ces groupes appartient à l'hémisphère boréal et les sept autres à l'hémisphère austral. Leur latitude moyenne est de + 10° et — 7°.

Le Soleil s'est montré sans taches dans 50 des jours d'observations, d'où il résulte un nombre proportionnel trimestriel de 0,66 au lieu de 0,58 dans le deuxième trimestre.

Régions d'activité. — Le nombre des groupes de facules enregistrés est supérieur d'un tiers à celui du trimestre précédent (42 groupes au lieu de 31), tandis que leur surface totale n'a augmenté que d'environ un cinquième, avec 18,5 millièmes au lieu de 15,1.

Dans leur répartition de part et d'autre de l'équateur, on a 1 groupe en moins au Sud (28 au lieu de 29) et 12 en plus au Nord (14 au lieu de 2).

Tableau I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes S.	Latitudes moyennes N.	Surfaces moyennes réduites.
	Juillet 1912. — 0,72.				
2- 5	2	7,4	—12		4
5-12	7	9,0	— 3		15
	29 j.		—7°,5		
	Août. — 0,95.				
21	1	19,4		+10	5
	22 j.			+10°	
	Septembre. — 0,32.				
7- 8	2	3,0	— 6		7
14	1	9,5	— 7		17
7-13	7	11,5	— 5		11
12-20	8	15,3	— 8		62
24-28	4	29,2	— 6		11
	25 j.		—6°,4		

Tableau II. — *Distribution des taches en latitude.*

1912.	Sud. 90°-40°.	40°-30°.	30°-20°.	20°-10°.	10°-0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°-10°.	10°-20°.	20°-30°.	30°-40°.	40°-90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites
Juillet......	»	»	»	1	1	2	»	»	»	»	»	»	2	19
Août........	»	»	»	»	»	»	1	1	»	»	»	»	1	5
Septembre..	»	»	»	»	5	5	»	»	»	»	»	»	5	108
Totaux....	»	»	»	1	6	7	1	1	»	»	»	»	8	132

TABLEAU III. — *Distribution des facules en latitude.*

1912.	Sud. 90°. 40°.	40°. 30°.	30°. 20°.	20°. 10°.	10°. 0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°. 10°.	10°. 20°.	20°. 30°.	30°. 40°.	40°. 90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Juillet......	1	»	2	5	3	11	3	1	»	»	1	1	14	6,5
Août.........	»	»	»	4	3	7	8	1	»	1	1	5	15	5,1
Septembre..	2	»	»	2	6	10	3	1	1	»	»	1	13	6,9
Totaux....	3	»	2	11	12	28	14	3	1	1	2	7	42	18,5

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une question concernant les fonctions de deux variables réelles.* Note de M. **Émile Cotton**, présentée par M. E. Picard.

Divers problèmes, en particulier celui de la stabilité des mouvements, conduisent à étudier le signe d'une fonction V au voisinage d'un point O où cette fonction et ses dérivées premières s'annulent. L'étude directe de ce signe étant rarement possible, on substitue souvent à V une expression approchée U. Il y a donc intérêt à donner des conditions suffisantes pour qu'une telle substitution soit légitime. C'est ce que je fais ici, en me limitant au cas de deux variables et en supposant U holomorphe.

Un cas particulier de ce problème se pose à propos de l'étude des extrema au moyen des dérivées [1]; U est alors un polynome obtenu en appliquant à V la formule de Taylor et supprimant le terme complémentaire, on cherche si ce polynome garde un signe constant au voisinage de O et si l'on en peut conclure que le signe de V reste aussi constant. Dans le problème général que nous posons, l'origine de U est quelconque, le signe de cette fonction peut varier; on se demande si les régions $U > o$ et $U < o$ et les régions analogues $V > o$ et $V < o$ sont disposées, au voisinage de O, de la même façon (voir n° II).

I. Quelques définitions concernant les fonctions holomorphes réelles sont nécessaires. Soit $U(x, y)$ une fonction de cette nature, s'annulant ainsi que ses dérivées premières pour $x = y = o$ et telle que la courbe $U = o$ n'admette pas de branche réelle multiple passant par l'origine O.

(1) L'exemple, devenu classique, de Peano et l'important Mémoire de L. Scheeffer (*Math. Annalen*, t. XXXV) montrent que cette question est bien plus délicate qu'elle ne le paraît à première vue.

A chaque demi-branche réelle γ, issue du point O de cette courbe, nous ferons correspondre un *onglet d'isolement* de la manière suivante. Les axes étant choisis de façon que Oy ne soit pas tangent à γ, et que Ox et γ soient d'un même côté de Oy, la ligne γ est représentée, pour x positif et assez petit, par $y=f(x)$, où $f(x)$ est une série ordonnée suivant les puissances d'une même racine $\sqrt[m]{x}$. Écrivons les premiers termes de ce développement en nous arrêtant dès que nous aurons un ensemble $\varphi(x)$ qui ne commence le développement d'aucune autre racine réelle ou imaginaire de $U=0$. Soit ax^α le dernier terme de $\varphi(x)$; l'onglet d'isolement sera défini, pour x positif et petit, par $\varphi(x)-\lambda x^\alpha<y<\varphi(x)+\lambda x^\alpha$, où λ est un nombre positif suffisamment petit.

Nous n'excluons pas dans la suite le cas où $U=0$ n'admettrait pas de branche réelle passant en O, où il n'y aurait par suite pas d'onglets d'isolement, mais si ces onglets existent nous les supposons construits de façon qu'ils n'empiètent pas les uns sur les autres au voisinage de O.

Soit A une demi-branche réelle de courbe algébroïde issue de O (c'est-à-dire que A peut être représentée par un développement et une inégalité analogues à ceux qui concernent γ). L'*ordre de contact* d'une ligne A et de la surface S représentée par $z=U(x,y)$ se définit comme dans le cas des lignes analytiques. Cet ordre peut être supérieur à tout nombre donné s'il existe des lignes γ et si l'on n'apporte pas de restriction au choix des lignes A. Mais, si les lignes γ n'existent pas, ou si ces lignes existent et qu'on se limite à celles des lignes A qui sont, au voisinage de l'origine, extérieures aux onglets d'isolement, *l'ordre de contact de ces lignes* A *et de* S *ne peut surpasser une certaine limite* (cela résulte de la décomposition en facteurs de Weierstrass). Nous désignons cette limite par $p-1$, le nombre p va nous être utile.

II. Considérons maintenant une fonction $V(x,y)$ bien définie et admettant des dérivées premières dans un domaine entourant l'origine [1] s'annulant en ce point ainsi que ces dérivées. Admettons qu'on en connaisse une expression approchée $U(x, y)$ satisfaisant aux conditions du paragraphe précédent et à la suivante. Soit $D(x,y)=V(x,y)-U(x,y)$; il existe un nombre *s supérieur à p* tel que le quotient $D(x,y):r^s$

[1] On peut aussi étudier le cas où le point x, y reste dans une région limitée par une frontière passant en O, et donner un critère analogue à celui du texte, si cette frontière vérifie des conditions convenables.

où $r = \sqrt{x^2+y^2}$ reste borné quand r tend vers zéro. Alors *les deux fonctions* V *et* U *ont même signe pour les points du plan voisins de* O *extérieurs aux onglets d'isolement.*

Si, de plus, les quotients par r^{s-1} des dérivées premières de D restent aussi bornés quand r tend vers zéro, *il existe dans chaque onglet d'isolement une demi-branche réelle* γ' *et une seule de la courbe* $V = 0$ (1).

L'onglet est divisé en deux parties; dans chacune d'elles, V garde le signe constant qu'il a sur la frontière correspondante.

III. Énonçons enfin une dernière propriété des fonctions $V(x, y)$ satisfaisant aux conditions précédentes. Imaginons un point mobile dans le plan soumis à une force dérivant de la fonction de forces $V(x, y)$. L'origine O est une *position d'équilibre; mais si* V *n'est pas maximum en* O, *l'équilibre est instable* (2).

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *De la stabilité d'équilibre dans un cas particulier de pièce courbe.* Note (3) de M. **Stanislas Belsetsky**, présentée par M. Appell.

Si les dimensions des corps sont toutes finies et de même ordre de grandeur, les forces finies qui ne dépassent pas certaines limites, dites limites d'Euler, produisent des déformations infiniment petites. Le potentiel des forces élastiques W, relatif à chaque élément dv du milieu, est un polynome homogène de deuxième degré. Si un tel corps n'est soumis à aucune force extérieure non superficielle, on doit avoir, d'après le principe des vitesses virtuelles,

$$\delta \int W \, dv = 0.$$

Si les coefficients d'élasticité satisfont à la condition de stabilité, l'équilibre sera stable et la forme d'équilibre sera unique. Les déplacements

(1) La démonstration (que je donnerai dans un travail plus étendu) repose sur la méthode d'approximations successives des fonctions implicites de M. Goursat, un peu modifiée pour lever les difficultés qu'entraîne la présence du point singulier O des courbes $U = 0$, $V = 0$.

(2) Pour le cas où la fonction des forces est holomorphe, voir une Note antérieure (*Comptes rendus*, t. 153) et un article des *Annales de l'École Normale*.

(3) Présentée dans la séance du 25 mars 1913.

élastiques satisferont au théorème de réciprocité (Betti). Si, dans un cas quelconque, les déplacements élastiques ne satisfont pas au théorème de Betti, le potentiel des forces élastiques cesse d'être une forme quadratique homogène. Il peut y avoir plusieurs formes d'équilibre, dont quelques-unes instables. La seule condition pour la stabilité d'équilibre d'un corps, dont toutes les dimensions sont finies et de même ordre de grandeur, est que ses déplacements satisfassent au théorème de réciprocité.

D'après ce qui précède, je vais examiner un cas particulier de pièce courbe. J'estime que le problème peut se réduire à n'envisager que deux dimensions :

Une pièce courbe dont la courbure est constante et de même rigidité EJ est soumise à deux forces P, appliquées à ses extrémités. Soient : $2e$ l'épaisseur de la pièce; f la flèche; $2l$ la portée. Pour simplifier le problème, je ne considère que les déplacements produits par les moments fléchissants M. Le problème est exprimé par l'équation

$$\frac{1}{\rho} = \frac{1}{R} + \frac{P}{EJ}(f - y) = a - 2b^2 y.$$

En posant

$$1 - \left(\frac{a}{2b}\right)^2 = D, \qquad 1 + b^2 y^2 - ay = u,$$

nous obtenons

$$y = \frac{a}{2b^2} \pm \frac{1}{b}\sqrt{u - D},$$

et, étant donné que $y' = 0$, pour $x = 0$,

$$x = \int_0^u \frac{u\,du}{2b\sqrt{(1-u^2)(u-D)}}.$$

En posant de nouveau

$$u = \frac{D}{3} - pu\sqrt[3]{4},$$

nous obtenons

$$y = \frac{a}{2b^2} \pm \frac{i}{b}\sqrt{\frac{2D}{3} + pu\sqrt[3]{4}},$$

$$x = \frac{\sqrt[3]{16}}{2b}\left[\frac{c_2}{2}(u - u_0) - (\zeta u - \zeta u_0)\right].$$

Les racines du polynome couvert par le radical sont :

$$e_1 = \left(1 + \frac{D}{3}\right)\frac{1}{\sqrt[3]{4}}, \qquad e_2 = -\frac{2D}{3}\frac{1}{\sqrt[3]{4}}, \qquad e_3 = \left(\frac{D}{3} - 1\right)\frac{1}{\sqrt[3]{4}}.$$

Pour $x = 0$, $y = 0$,

$$pu = e_3, \qquad u = \omega'.$$

Pour que les déplacements satisfassent au théorème de réciprocité, il faut que, pour $x=1$, $y=\frac{a}{2b^2}$,

$$Pl^2=2EJ\sqrt[3]{4}\left(\frac{e_2}{2}\omega-\eta\right)^2.$$

L'argument u varie de ω' à $\omega+\omega'$.

De cette relation, nous pouvons tirer P par un procédé d'approximations successives.

Le module

$$k^2=\frac{e_2-e_3}{e_1-e_3}=\frac{1-D}{2}=\frac{a^2}{8b^2}.$$

Si la pièce était droite, c'est-à-dire $a=0$ et $k^2=0$, il en résulterait

$$\omega=\frac{\pi}{2}\frac{\sqrt[6]{4}}{\sqrt[3]{2}},\qquad \frac{e_2\omega}{2}=\frac{\pi}{12\sqrt[6]{4}},\qquad \eta=\frac{\pi}{6}\frac{\sqrt{2}}{\sqrt[6]{4}},\qquad 2\sqrt[3]{4}\left(\frac{e_2}{2}\omega-\eta\right)^2=\frac{\pi^2}{4},$$

et alors nous obtiendrons

$$P=\frac{EJ\pi^2}{4l^2},$$

c'est-à-dire la formule bien connue d'Euler.

J'ai examiné le cas d'une pièce à faible courbure, et le calcul m'a montré que la limite d'Euler, relativement aux cas de pièces courbes, est plus petite, mais très voisine de la limite relative aux pièces droites. Ce résultat concorde avec les données des expériences de M. T. Carman.

MÉCANIQUE. — *Sur la propagation des déflagrations et sur les limites d'inflammabilité.* Note de M. **Émile Jouguet**, présentée par M. L. Lecornu.

I. *Remarque sur les mouvements permanents.* — Dans une Note du 17 mars 1913, j'ai étudié les mouvements permanents par tranches parallèles d'un mélange gazeux susceptible de brûler. Dans ces mouvements, le fluide tend asymptotiquement vers deux états extrêmes, l'un v_0, T_0, p_0, non brûlé, pour $x=-\infty$, l'autre v'_0, T'_0, α'_0, p'_0, brûlé, pour $x=+\infty$.

Selon une remarque de Lord Rayleigh, les raisonnements d'Hugoniot sur les ondes de choc s'appliquent aux mouvements permanents, même en l'absence de telles ondes. Les états v_0, T_0, p_0 et v'_0, T'_0, α'_0, p'_0 sont donc reliés par les formules qui relient l'état initial et l'état final dans une onde de choc et combustion. Il est d'ailleurs possible que le fluide parvienne très vite

au voisinage de ces états, si bien que le phénomène que nous avons étudié peut être une véritable quasi-onde de choc et de combustion. Comme nous nous sommes placés dans le cas où la pression baisse au passage de la flamme, cette quasi-onde correspond à un point de l'arc CQ de la courbe tracée dans une Note parue ici même le 10 janvier 1910.

Ainsi que je l'ai dit dans ladite Note, on peut émettre des doutes sur la persistance des ondes de choc et combustion correspondant à cet arc CQ. Mais ces doutes ne conviennent qu'aux régimes de propagation variables, et, bien entendu, nous supposons ici que les conditions aux limites sont maintenues telles que le mouvement permanent soit réalisé.

II. *Cas où la pression varie peu.* — Me reportant aux équations (1) à (5) de ma Note du 17 mars 1913, je vais me borner au cas où la célérité de la flamme est faible. Dès lors m est petit, et l'équation (2) montre que p reste sensiblement constant. Le terme en $\frac{dp}{dx}$ disparaît de (4) qui s'écrit

$$(a) \qquad \frac{d}{dx}\left(k\frac{dT}{dx}\right) = m\left(C\frac{dT}{dx} + r\frac{d\alpha}{dx}\right).$$

Introduisons maintenant quelques hypothèses simplificatrices. Toutes n'auront pas une grande valeur physique, mais elles faciliteront l'intégration, et il est intéressant de faire une intégration, même grossière, pour illustrer les généralités de ma Note du 17 mars.

Les gaz brûlés seront supposés parfaits, de sorte que l'équation (5) sera

$$(b) \qquad pv = RT.$$

R devrait dépendre de α; on le supposera constant. De même r sera considéré comme constant; de même aussi C et k, qui, étant dès lors indépendants de α, seront par suite les mêmes pour les gaz frais et les gaz brûlés. Ces hypothèses sont assez approchées pour les mélanges dilués.

Pour la loi de la combustion, je ferai des hypothèses qui se rattachent à celles que j'ai développées pour les corps à réaction vive dans mon *Mémoire sur la propagation des réactions chimiques dans les gaz* (*Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 1905-1906). J'admettrai qu'une certaine surface, fonctionnant comme surface des faux équilibres limites, divise l'espace des p, α, T en deux régions, l'une où la vitesse de réaction est nulle ou négligeable, l'autre où elle est finie. Je prendrai, en outre, dans cette

seconde région, pour loi de la combustion,

$$(c) \qquad \frac{D\alpha}{Dt} = HT(1-\alpha),$$

formule assurément grossière, notamment en ce qui concerne l'influence de T, mais qui rend l'intégration facile. Remplaçons alors T par sa valeur en p, v, $\frac{D}{Dt}$ par $u\frac{d}{dx}$ et $\frac{u}{v}$ par m selon l'équation (1). Il vient

$$(d) \qquad \frac{d\alpha}{dx} = \frac{Hp}{mR}(1-\alpha) = \frac{G}{m}(1-\alpha);$$

G est une constante, puisque p est sensiblement constant.

Dans les équations (1) à (5) de ma précédente Note, il faut donner à (3), (4), (5) la forme (*d*), (*a*), (*b*). L'intégration, en tenant compte des conditions (6), donne

$$(e) \qquad T_1 - T_0 = (\tau - T_0)\, e^{\frac{mC}{k}x} \qquad \text{pour les gaz frais,}$$

$$(f) \qquad T_2 - \tau = \frac{m^2 r}{Gk + m^2 C}\left(e^{-\frac{G}{m}x} - 1\right) \qquad \text{pour les gaz brûlés,}$$

avec

$$(g) \qquad -\frac{m^2 r}{Gk + m^2 C}\,\frac{G}{m} = (\tau - T_0)\frac{mC}{k}.$$

Si Θ est la température de combustion à pression constante, égale à $T_0 - \frac{r}{C}$, (*f*) et (*g*) deviennent

$$(h) \qquad T_2 - \tau = (\Theta - \tau)\left(1 - e^{-\frac{G}{m}x}\right),$$

$$(l) \qquad m = \frac{u_0}{v_0} = \sqrt{\frac{kG}{C}}\sqrt{\frac{\Theta - \tau}{\tau - T_0}};$$

(*l*) donne la vitesse de propagation u_0.

La théorie précédente rappelle celle de Mallard (*Annales des Mines*, 1875). Mallard, toutefois, obtient une vitesse de propagation proportionnelle à $\frac{\Theta - \tau}{\tau - T_0}$. Mais il ne faut pas attacher une grande importance à cette différence, qu'on pourrait sans doute faire disparaître par un choix convenable de la loi (*c*). On remarquera d'ailleurs que la loi de la combustion varie dans la réalité suivant l'ordre de la réaction chimique. Si j'ai retouché la théorie de Mallard, ce n'est pas pour changer sur ce point sa formule; c'est qu'il m'a paru intéressant de se rattacher plus étroitement qu'il ne l'avait fait aux

équations fondamentales de l'hydrodynamique, pour mieux montrer les hypothèses nécessaires. On remarquera notamment que la célérité a été supposée petite, si bien qu'une formule comme (l) ou comme celle de Mallard ne saurait s'appliquer quand T_0 est voisin de τ. Dans ce cas, seule la limite (10) de ma précédente Note est valable.

III. *Limites d'inflammabilité.* — Quand le gaz atteint la température τ, il faut, pour qu'il brûle, que la ligne représentant sa transformation dans le plan α, T (la pression p est sensiblement constante) pénètre à l'intérieur de la ligne des faux équilibres limites. Il faut donc que $\frac{d\alpha}{dT}$, tel qu'il résulte de (d), (h), c'est-à-dire $\frac{1}{\Theta - \tau}$, soit inférieur au coefficient angulaire $\frac{1}{\lambda}$ de la tangente à la ligne des faux équilibres limites. Cette ligne devrait être une courbe d'égale vitesse. Mais la loi (c) est trop grossière et, par suite, la ligne des faux équilibres limites déterminée avec trop peu de précision; aussi laisserai-je λ indéterminé. On doit donc avoir

$$\Theta - \tau > \lambda.$$

Les mélanges à la limite d'inflammabilité sont ceux pour lesquels $\Theta = \tau + \lambda$. On voit que leur vitesse de propagation peut n'être pas nulle, conformément aux observations de M. Le Chatelier.

Il est bien évident que ce raisonnement, exposé avec les hypothèses du paragraphe II, est en réalité indépendant. Il fournit, pour les limites d'inflammabilité, une explication qui est à rapprocher de la définition des corps explosifs de M. Duhem. Dans l'un et l'autre cas, il faut que la ligne représentant une certaine réaction (adiabatique pour la définition des corps explosifs, non adiabatique ici) pénètre dans la région de l'espace p, α, T, où les vitesses de réaction sont sensibles.

CHRONOMÉTRIE. — *Sur une variante de la méthode des coïncidences.* Note de M. **Henri Chrétien**, présentée par M. Bassot.

Dans la manière habituelle d'appliquer la méthode des coïncidences, les deux garde-temps à comparer agissent séparément avec une intensité à peu près égale sur chacune des oreilles de l'observateur. Il m'est arrivé d'appliquer la méthode dans des circonstances telles que l'un des garde-temps était perçu surtout par une oreille, tandis que le deuxième affectait

principalement l'autre. J'ai observé ainsi un phénomène assez curieux de *stéréo-acoustique* qui peut, dans certains cas, être utilisé pour donner plus de netteté et de précision à la méthode des coïncidences.

J'ai découvert ce phénomène en comparant deux mouvements d'horlogerie d'appareils enregistreurs Richard, que j'avais placés sur une table, à environ $1^m,50$ de distance, l'un à ma droite, l'autre à ma gauche. Vers le moment de la coïncidence, les battements du mouvement de droite, qui était le plus rapide, *diminuèrent rapidement d'intensité* et si complètement, que je crus, la première fois, que, par un hasard inopiné, l'appareil s'était effectivement arrêté. Il n'en était rien : je repris ma place à égale distance des deux mouvements et je surveillai attentivement l'unique série de battements que je percevais. Après quelques secondes, j'eus l'illusion très nette que le mouvement d'horlogerie de gauche *se déplaçait dans l'espace et s'avançait vers moi*, non seulement parce que chaque battement était plus fort que le précédent, mais aussi parce qu'il paraissait émaner d'un objet mobile se rapprochant effectivement de l'observateur. Il me sembla passer très près devant moi, en battant très fort, puis s'éloigner vers la droite en diminuant de sonorité jusqu'au moment où il me parut arrivé à la distance de l'appareil de droite. Tout se passait alors comme si ce dernier battait seul, à son tour. Cela dura quelques secondes, puis je perçus les battements du mouvement de gauche, d'abord très faibles, mais dont l'intensité croissait rapidement et les deux séries de battements se dédoublèrent nettement. La coïncidence était passée; elle avait évidemment eu lieu au moment où le son semblait provenir d'un point situé dans le plan médian de l'observateur.

J'ai souvent répété cette expérience avec des chronomètres de marine et, tout récemment, à l'Observatoire de Nice, j'ai comparé ainsi, au moyen de deux récepteurs téléphoniques, à circuits indépendants, les signaux rythmés que la tour Eiffel émet chaque nuit par télégraphie sans fil, avec les battements d'un chronomètre à contacts électriques de Paul Ditisheim.

En général, le phénomène, quoique très observable, était moins frappant qu'avec les mouvements d'enregistreurs, ce que j'ai toujours attribué à la trop grande différence qualitative des sons produits par des instruments de constructions très différentes; dans tous les cas, l'époque de la coïncidence a toujours été plus facile à apprécier que par la méthode ordinaire, où chaque oreille entend également les deux battements.

M. Ch.-Ed. Guillaume, à qui je décrivais cette petite expérience, m'a signalé un travail de Lord Rayleigh (¹) dans lequel l'auteur a démontré que la direction de laquelle semble venir un son nous est indiquée par la différence de phase que les vibrations sonores présentent pour les deux oreilles,

(¹) Lord RAYLEIGH, *On our perception of Sound direction* (*Phil. Mag.*, t. XIII, 1907, p. 214).

inégalement distantes de la source. Or, si deux chronomètres produisent des sons de même hauteur et de même timbre, mais n'ayant pas rigoureusement la même fréquence de battements, sont disposés de manière à n'être entendu chacun que par une oreille, ils agiront sur l'ouïe avec une différence de phase *variable dans le temps*, ce qui doit produire l'illusion de leur mouvement dans l'espace, au voisinage de la coïncidence. Cette explication ne va pas sans quelques difficultés, car, en général, les échappements de deux chronomètres quelconques ne seront pas identiques au point d'être équivalents à la source sonore unique de Lord Rayleigh; mais il ne semble pas pourtant que cette identité soit indispensable à la production du phénomène que l'oreille percevra, selon les circonstances, avec une netteté plus ou moins grande.

PHYSIQUE. — *Sur un nouveau mode de construction des lampes en quartz à vapeur de mercure.* Note de M. **A. Tian**, transmise par M. Lippmann.

J'ai eu l'occasion de signaler, à propos des phénomènes exercés par la lumière ultraviolette sur l'eau, l'opposition qui existe entre les propriétés chimiques des rayons de très courte longueur d'onde ($\lambda < 1900$ angströms) et celles des autres radiations ultraviolettes, ces dernières se bornant souvent à détruire les combinaisons endothermiques produites par les premières. Cette différence d'action, d'ailleurs, a été récemment développée par M. D. Berthelot.

Il est donc nécessaire, quand on cherche à réaliser les effets chimiques des radiations extrêmes (ozonisation de l'air, peroxydation de l'eau, décomposition de l'acide chlorhydrique, etc.), d'utiliser une source de ces rayons donnant une proportion aussi faible que possible de ceux doués des propriétés inverses. En pratique, à cause de sa puissance et de sa commodité, on emploie presque toujours la lampe en quartz à vapeur de mercure; il faut alors la soumettre à un *bas régime électrique* : l'émission totale des radiations ultraviolettes de cette source croît en effet énormément avec la tension appliquée (¹), tandis que l'énergie des rayons les plus réfrangibles ($\lambda < 1900$) varie relativement beaucoup moins (²).

(¹) Kuch et Retschinsky, *Annalen der Physik*, t. XX, 1906, p. 563. — Fabry et Buisson, *Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 93.

(²) A. Tian, *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 141. — L'altération progressive des lampes poussées, qui se manifeste surtout dans l'émission des rayons extrêmes, conduit également à n'adopter qu'un bas régime électrique.

D'autre part, à cause de la petitesse des rendements photochimiques et du peu d'énergie des radiations de très faibles longueurs d'onde, même émises par l'arc au mercure, il importe, pour obtenir des effets chimiques sensibles, de *diminuer le plus possible la distance à la source*. L'enveloppe de quartz des lampes à vapeur de mercure fonctionnant à basse tension est à une température peu élevée et l'on en pourra sans danger approcher la préparation, souvent même jusqu'au contact. Cependant, par leur forme complexe, électrodes, ailettes ou ampoule de refroidissement, les lampes en usage dans les laboratoires ne se prêtent pas simplement à une immersion dans un liquide ou un gaz, au moins dans des conditions chimiques acceptables. Il paraît donc utile de construire un modèle destiné à supporter normalement une basse tension, et dont la forme soit mieux appropriée.

La construction de pareilles lampes permet d'ailleurs une grande simplification : grâce à leur faible échauffement, facile à diminuer encore par une réfrigération convenable, on n'a plus à craindre la rupture, par inégalité de dilatation du raccord quartz-verre. On peut alors, évitant toute introduction d'électrodes à travers l'enveloppe de quartz, réunir celle-ci par un rodage, à une pièce de verre à laquelle sont soudées les arrivées de courant.

J'ai construit ainsi quelques lampes dont la partie en quartz transparent a la forme d'un tube à essai. Un peu de mercure placé au fond sert de cathode; le courant lui est amené par un fil de fer protégé par un petit tube de quartz opaque occupant l'axe de la lampe; l'anode est un petit cylindre de fer. Enfin le support en cuivre maintenant la lampe par le haut, avant le rodage, sert en même temps à la refroidir par conductibilité : elle ne perd ainsi rien de sa forme dégagée.

Cet arc au mercure peut être alimenté par du courant alternatif : il faut, dans ce cas, mettre deux anodes constituées par des palettes de fer séparées l'une de l'autre par une lame de mica, et souder une troisième entrée de courant au bouchon de verre.

La lampe ainsi construite fonctionne dans toutes les positions, depuis la verticale jusqu'à une faible inclinaison sur l'horizontale. D'une construction simple et peu coûteuse, elle paraît se prêter particulièrement bien aux recherches de laboratoire.

PHYSIQUE. — *Méthode simple pour déterminer la densité des poudres minérales.* Note de **Maurice Billy**, transmise par M. A. Haller.

I. Les différentes méthodes employées jusqu'à présent pour prendre la densité des métaux pulvérulents [méthode du flacon avec ou sans compression de la poudre ([1]) et méthode de flottement ([2])] ne permettent pas de supprimer complètement les causes d'erreur qui proviennent de l'interposition d'innombrables petites enveloppes gazeuses autour des éléments solides. Ce sont des méthodes longues et délicates qui laissent le plus souvent beaucoup d'incertitude.

Pour éviter ces inconvénients, j'ai imaginé de faire disparaître l'enveloppe gazeuse adhérant à la matière pulvérulente en opposant aux forces capillaires une force d'affinité chimique énergique, ce qui a permis d'augmenter très notablement la rapidité des mesures et d'en décupler la précision.

Pour cela, j'ai remplacé l'eau généralement employée, par une liqueur de potasse bouillie à peu près normale, et l'air qui se fixe aux particules minérales, par de l'anhydride carbonique, ainsi aucune bulle de gaz ne vient plus augmenter le volume du minéral divisé, puisqu'elle est absorbée par la liqueur.

II. Dans un flacon à densité on substitue à l'air, au moyen de vides successifs combinés avec un léger chauffage, de l'anhydride carbonique dans des conditions de température et de pression toujours identiques; puis on ferme toute communication entre le flacon qui contient la poudre et les autres appareils; on introduit alors la moitié environ de la liqueur alcaline nécessaire pour remplir le flacon, on l'agite légèrement, puis on continue le remplissage.

Pour faciliter ces différentes opérations, j'ai fait construire un petit appareil qui abrège beaucoup la durée de l'expérience; la figure explique le fonctionnement.

Par le robinet latéral se fait le vide ou l'arrivée de gaz carbonique; par le robinet à pointeau central arrive la liqueur alcaline au moment opportun.

([1]) Chwolson, *Traité de Physique*, t. I, p. 569 et 763; Le Chatelier et S. Wologdine, *Comptes rendus*, 1908, t. 146, p. 48.

([2]) Retgers, *Zeits. phys. Chem.*, 1889, p. 289, et 1893, p. 329.

Quand le picnomètre est plein jusqu'à la naissance du col, on enlève l'appareil remplisseur, on termine comme dans les opérations classiques de la méthode du flacon ; on a donné au flacon la forme d'un tube de centrifugeuse, ce qui permet de l'appliquer commodément aux poudres difficiles à décanter.

On prend la densité de la liqueur alcaline par rapport à l'eau à 4° dans les mêmes conditions où l'on a opéré avec la poudre, c'est-à-dire qu'on l'introduit dans le flacon

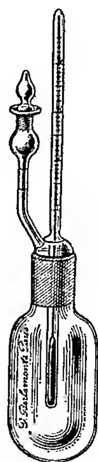


Fig. 1.

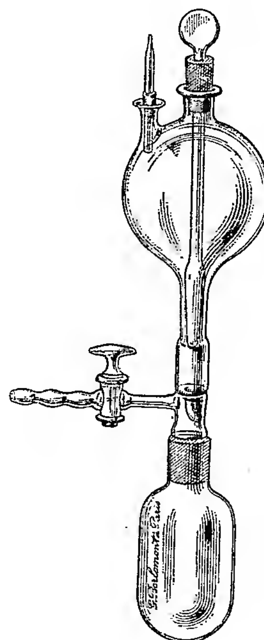


Fig. 2.

plein de gaz carbonique. On peut considérer que la densité de la liqueur reste constante pendant 15 jours.

III. Pour déterminer l'exactitude de la méthode, j'ai réalisé des séries de mesures comparatives par son moyen et par les méthodes usuelles en opérant dans des conditions semblables sur des verres d'optique non trempés et qui fournissent par pulvérisation des poudres bien homogènes. On avait, au préalable, déterminé la densité exacte des blocs de verre employés. On a deux moyens d'apprécier la précision obtenue par cette méthode par rapport aux anciennes, d'une part la concordance des mesures individuelles entre elles, d'autre part celle des résultats fournis par la poudre avec ceux que donnait, au préalable, la même substance en bloc.

Rapport entre le poids de l'échantillon et le poids du même volume de liqueur alcaline.

N° 1. — Op. à 11°.

Bloc.......	7,151 : 2,275 = 3,143	6,579 : 2,093 = 3,143	2,534 : 0,806 = 3,144
Poudre....	6,558 : 2,086 = 3,144	5,732 : 1,823 = 3,144	2,344 : 0,745 = 3,142

N° 2. — Op. à 0°.

Bloc.......	4,314 : 1,284 = 3,360	6,404 : 1,906 = 3,360	3,252 : 0,968 = 3,359
Poudre....	3,968 : 1,181 = 3,359	5,928 : 1,764 = 3,360	3,083 : 0,918 = 3,358

N° 3. — Op. à 0°.

Bloc.......	5,290 : 2,189 = 2,417	6,248 : 2,585 = 2,417	3,755 : 1,556 = 2,417
Poudre....	4,812 : 1,992 = 2,416	5,841 : 2,417 = 2,417	3,503 : 1,450 = 2,416

On voit que l'exactitude atteint souvent l'ordre du $\frac{1}{3000}$, c'est-à-dire l'*ordre de précision de la balance employée*. Dans les mêmes conditions (mêmes échantillons, même balance) les mesures usuelles ne fournissent pas de résultats concordant à plus de $\frac{1}{300}$ près.

Cette méthode s'applique à tous les corps insolubles dans l'eau, en particulier pour déterminer les masses spécifiques des poudres magnétiques, et c'est précisément une étude de celles-ci qui m'a conduit à modifier la technique habituelle pour prendre les densités. Enfin cette méthode, vu sa précision, pourra s'appliquer avantageusement à la mesure des densités des corps susceptibles de contenir des bulles ou des fissures (ce qui est le cas le plus général) et qu'on aura intérêt à pulvériser pour éviter toute erreur de ce fait.

La précision nouvelle obtenue dans la picnométrie des poudres a finalement cette conséquence imprévue : qu'il y a intérêt à pulvériser tous les solides avant de prendre leur densité.

Ce travail sera développé ultérieurement dans un Mémoire spécial.

PHYSIQUE. — *Un cas remarquable de résonance optique*. Note de M. **Louis Dunoyer**, présentée par M. Villard.

Parmi les raies d'émission d'une vapeur, il en est certaines qui jouissent de la propriété suivante : quand on envoie à travers cette vapeur un faisceau lumineux dont la longueur d'onde est celle de l'une de ces raies, la

trace du faisceau à travers la vapeur devient, à son tour, une région d'émission pour cette longueur d'onde. La question de savoir quelles sont les raies d'émission qui jouissent de cette propriété remarquable est loin d'être résolue. M. Wood ([1]) a montré, en particulier, que la raie 2536 du mercure donne un exemple très net de ce phénomène. J'ai observé moi-même ([2]) qu'un faisceau de lumière blanche marque son passage à travers de la vapeur de sodium pure en provoquant la luminescence de cette vapeur. Cette luminescence est orangée, et je n'ai pu y observer que la raie D. Ce sont les premiers exemples d'un phénomène qu'il est bien difficile d'interpréter autrement qu'en admettant l'existence dans la vapeur de résonateurs accordés sur la longueur d'onde excitatrice.

Que se passe-t-il quand la densité de la vapeur augmente? On peut s'attendre à ce que l'absorption de la lumière excitatrice soit de plus en plus rapide, qu'elle pénètre de moins en moins à travers la vapeur, et que par suite la région de résonance se confine au voisinage de la paroi. Si la densité de la vapeur ou des résonateurs moléculaires devient assez grande, on peut prévoir que la couche de résonance sera extrêmement mince et constituera, sur la paroi interne du récipient contenant la vapeur, une source de lumière monochromatique qui rayonnera à son tour dans toutes les directions. Tout se passera comme si la surface intérieure du récipient était devenue parfaitement *diffusante*.

On peut même se demander, quoique cela ne paraisse pas évident, si la vapeur ne peut, sous une densité suffisante, *réfléchir* régulièrement la lumière excitatrice. En fait, c'est ce que M. Wood a observé pour la vapeur de mercure et la radiation 2536 ([3]).

Si l'on opère avec de la vapeur de sodium pure, le phénomène de résonance superficielle diffuse est d'une observation très aisée.

Le dispositif le plus commode consiste à chauffer, dans le courant de gaz chauds qui sort d'une cheminée au bas de laquelle brûle un bec Bunsen, un petit ballon de quelques centimètres de diamètre, soigneusement vidé de gaz, et contenant un peu de sodium pur. On forme sur la paroi du ballon l'image de la flamme d'un bec Meker dans lequel on fait arriver de l'air chargé de gouttelettes par pulvérisation d'une solution très étendue de chlorure de sodium. Au lieu de former exactement l'image de la flamme, il est mieux de former celle d'une fenêtre à contours nets pratiquée dans une cheminée entourant la flamme. Si l'on se place en dehors du

---

([1]) *Phil. Mag.*, t. XXIII, 1912, p. 689.
([2]) *Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 333.
([3]) *Phil. Mag.*, t. XVIII, 1909, p. 187 et t. XXIII, 1912, p. 689.

faisceau des rayons réfléchis régulièrement par la paroi, cette image est invisible quand le ballon est froid et que la paroi est propre. Quand la température s'élève, on commence à apercevoir, dès qu'elle dépasse 100°, la trace du faisceau lumineux excitateur qui traverse le ballon. Peu à peu la luminosité de résonance augmente d'intensité. Au-dessous de 200° environ, elle présente à un haut degré un caractère très remarquable, que j'avais déjà observé, mais moins nettement, avec l'excitation par la lumière blanche : au lieu de se limiter exactement au chemin suivi par le faisceau excitateur, la luminosité est très diffuse et semble remplir tout le ballon. Il s'agit là d'une *résonance secondaire* analogue à celle que M. Wood a observée avec la vapeur de mercure pour la raie 2536.

Si la température continue à s'élever, cette lueur diffuse diminue de plus en plus, mais aussi la pénétration de la lumière excitatrice dans la vapeur. Vers 250°, la région de résonance ne s'étend guère que sur une épaisseur de 5^{mm} à 6^{mm}. A 300° environ, son épaisseur n'est plus appréciable à la vue. De quelque endroit qu'on regarde alors la face antérieure du ballon, à condition que le rayon visuel ne traverse pas la vapeur, on aperçoit l'image de la source avec autant de netteté que si cette image était formée sur une feuille de papier blanc collée à l'intérieur du ballon.

L'observation de ce phénomène paraît très suggestive. Je me bornerai pour le moment aux remarques suivantes :

J'ai fait au début une distinction entre le phénomène de *résonance superficielle diffuse* que je viens de décrire et celui de *réflexion régulière* que M. Wood a observé avec la vapeur de mercure. Il est fort probable que si la vapeur de sodium était rendue suffisamment dense, on observerait aussi une réflexion régulière. Malheureusement, l'attaque du verre est trop rapide, dès 400°, pour permettre d'atteindre une densité de vapeur un peu importante. A 300°, la tension de vapeur est seulement de l'ordre de $0^{mm},1$. Toutefois, il sera intéressant d'étudier la loi de répartition de la lumière diffusée par l'image de résonance dans les différentes directions, pour voir si cette loi se rapproche de la réflexion régulière quand la température s'élève.

Bien que la lumière dont l'excitation est efficace pour produire la résonance soit très rapidement arrêtée par les premières couches de vapeur qu'elle traverse, il est digne de remarque que l'absorption globale de la lumière émise par le brûleur soit très faible. Vue à travers le ballon plein de vapeur chaude, la flamme ne semble pas avoir diminué d'éclat d'une manière appréciable. Il est donc fort probable que la lumière excitatrice utile est limitée à une région très fine au centre des raies D. C'est ce que des expériences en cours sur l'absorption de la vapeur de sodium pure me permettront, je pense, de vérifier. Le fait est d'ailleurs à rapprocher de cette observation que l'image de résonance superficielle diffuse ne semble

augmenter que très peu d'éclat quand on enrichit beaucoup en sodium la source éclairante, dont l'éclat augmente ainsi considérablement. Cette augmentation d'éclat est, par conséquent, due à l'élargissement des raies, beaucoup plus qu'à l'augmentation d'intensité de leurs parties centrales.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La détente adiabatique dans les liquides.* Note de M. L. Gay, transmise par M. A. Haller.

Je me suis proposé de déterminer expérimentalement la dilatation produite, dans les liquides, par la détente adiabatique de 2^{atm} à 1^{atm}.

Du coefficient de compressibilité adiabatique, $\gamma = -\frac{1}{V}\frac{\Delta V}{\Delta P}$, trouvé on peut tirer le coefficient de compressibilité isothermique β

$$\beta = \gamma + \alpha \frac{dt}{dP},$$

$$\frac{dt}{dP} = \frac{T\alpha}{EcD} = \frac{T\alpha}{41,3cD} \quad (^1),$$

$$\beta = \gamma + \frac{T\alpha^2}{41,3cD}.$$

[α, coefficient de dilatation thermique $\frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$; $\frac{dt}{dP}$: coefficient de variation adiabatique de la température; c, chaleur spécifique à pression constante; D, densité].

L'appareil est constitué par un ballon de verre de 650^{cm^3}; à son goulot s'ajuste, par un rodage, un tube calibré divisé en millimètres; chaque division du tube correspond à $1^{mm^3},71$; on peut apprécier facilement le $\frac{1}{4}$ de millimètre.

Le ballon est placé dans une sphère de cuivre formée de deux hémisphères dont les bords sont munis de deux disques annulaires; entre ceux-ci est placé un joint d'amiante ou de cuir. Le tout est serré entre deux anneaux plats en fer munis de boulons.

La calotte supérieure est percée d'un orifice (à travers lequel passe le tube gradué), un large tube de verre s'y ajuste par l'intermédiaire d'un bouchon de liège.

Ce tube est muni à sa partie supérieure d'un robinet de laiton, à large orifice, fixé au golaz; un ajutage latéral le fait communiquer (par l'intermédiaire d'un robinet à 3 voies) soit avec une pompe, soit avec un manomètre à mercure dont les deux branches sont reliées par une partie rétrécie. Dans la détente le mercure revient sans à-coup à sa position d'équilibre.

---

(1) Bouasse, *Cours de Physique : Thermodynamique*, p. 17.

Le ballon et la sphère sont remplis du liquide étudié. La variation de température, due à la détente, est donc sensiblement la même à l'intérieur et à l'extérieur du ballon. Les échanges de chaleur sont ainsi réduits au minimum.

Toutes les mesures ont été faites à la température du laboratoire.

Le procédé opératoire est le suivant :

On élève la pression à 2^{atm} environ; on note, simultanément, la pression et le niveau du liquide dans le tube gradué; on ouvre, aussitôt, le robinet de laiton et l'on note la dénivellation du liquide.

On obtient ainsi la dilatation apparente du liquide par détente adiabatique, depuis la pression notée jusqu'à la pression atmosphérique.

On en déduit le coefficient apparent de compressibilité adiabatique.

Si b est le coefficient de compressibilité du verre du ballon, a son coefficient de dilatation cubique et si l'on admet qu'il est constamment en équilibre de température avec le liquide, le terme correctif dû au verre est

$$b - \frac{T\alpha}{41,3cD}a,$$

en réalité le verre se refroidissant moins que le liquide, dans la détente, ce terme correctif est compris entre la valeur précédente et b.

J'adopterai comme terme correctif, en posant $a = 2.10^{-5}$,

$$b - \frac{T\alpha}{EcD}10^{-5}.$$

J'ai obtenu, expérimentalement, pour le mercure,

$$\gamma_{\text{apparent}} = 1,3.10^{-6} \quad (^1).$$

(unité de pression : l'atmosphère).

En admettant

$$\beta = 3,7.10^{-6} \quad (^2),$$
$$\alpha = 1,808.10^{-4},$$
$$c = 0^c,0333,$$

on trouve

$$\gamma = 3,2.10^{-6}.$$

D'où

$$b = 1,9.10^{-6}.$$

Afin de comparer ma méthode avec les méthodes antérieures, j'ai

(1) J'ai verni intérieurement la sphère de cuivre afin de la protéger contre l'attaque du mercure.

(2) Amagat, Bridgman, 1909.

effectué quelques déterminations sur des corps déjà étudiés :

Eau à 11°,8 : $\alpha = 0,000112$; $D = 0,99955$; $c = 1,00094$;
$\gamma = 10^{-6}46,7 \pm 0,5$; $\beta = 10^{-6}46,8 \pm 0,5$; β(Amagat) $= 49,7.10^{-6}$;
benzine à 12°,1 : $\alpha = 0,001198$, $D = 0,89993$; $c = 0,4044$;
$\gamma = 10^{-6}60,1 \pm 0,5$; $\beta = 10^{-6}87,7 \pm 0,5$; β(Amagat) $= 87,6$.

Je crois donc ma méthode assez précise en égard à sa grande simplicité.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Quelques observations à propos de la Note de Mlle Feytis sur le magnétisme des sels anhydres et hydratés.* Note de M. **G. Wyrouboff**, présentée par M. E. Jungfleisch.

J'ai lu cette intéressante Note (1) avec d'autant plus de plaisir qu'elle vient directement à l'appui d'idées théoriques, que je soutiens depuis longtemps et dont Mlle Feytis ne semble pas avoir eu connaissance.

J'ai montré, en effet, que dans les véritables *sels*, contrairement à l'opinion généralement admise, la combinaison de l'hydroxyde et de l'acide se faisait toujours par simple addition, *sans élimination d'eau*, que les véritables sels devaient, par conséquent, renfermer nécessairement de l'eau de constitution. En perdant partiellement ou complètement cette eau, ils se transformaient en des corps d'une tout autre nature, dans lesquels les parties constituantes sont dissimulées à leurs réactifs ordinaires et qui, par leur mode de formation et leurs propriétés, ressemblent fort aux éthers de la Chimie organique.

Des composés comme $CuCl^2$ et $CuCl^2.2H^2O$ ou bien $CrCl^3$ et $CrCl^3.3H^2O$ ne nous paraissent chimiquement semblables que par suite du symbolisme conventionnel de l'écriture et l'habitude prise de considérer l'eau comme étrangère à la molécule saline pour nous conformer à une théorie de l'atomicité que nous savons depuis longtemps être absolument insuffisante. En réalité, ces corps sont aussi différents que possible par leurs fonctions et par conséquent par leur structure; dès lors, quoi d'étonnant que leurs propriétés chimiques et physiques soient différentes? Cette façon de concevoir les combinaisons salines, qui s'appuie, comme je l'ai fait voir, sur un grand nombre de faits et que les récentes recherches de M. Recoura confirment pleinement, permet de prédire à l'avance que les propriétés

(1) *Comptes rendus*, t. 156, p. 886.

magnétiques, qui dépendent nécessairement de la structure des corps, ne seraient pas les mêmes dans les sels anhydres et les sels hydratés. A cet égard, les observations de Mlle Feytis ne constituent qu'un nouveau contrôle de la justesse des idées que je viens de résumer; mais elles apportent aussi un fait très intéressant d'ordre physique qu'une théorie chimique ne peut prévoir. Il s'est trouvé que les composés de $CuCl^2$ et $CuCl^2H^2O$ avaient le même coefficient d'aimantation fort différent de celui du composé $CuCl^2.2H^2O$; de même, les composés $CuOSO^3H^2O$ et $CuOSO^3$. Or le corps anhydre et le corps monohydraté sont au même titre, quoique à des degrés divers, des combinaisons complexes, éthéroïdes, puisqu'elles se sont formées avec élimination totale ou partielle de l'eau, la combinaison saline normale étant $Cu(OH)^2ClH$ ou $Cu(OH)^2SO^4H^2$. Il résulterait de là, que la propriété magnétique dépend, non du nombre d'atomes accumulés dans la molécule, mais du caractère de la *fonction chimique* de cette molécule.

Cette conclusion ne s'applique-t-elle qu'au cas du cuivre et peut-être de quelques autres métaux, ou bien a-t-elle une portée générale? La question reste ouverte. Mlle Feytis a observé, il est vrai, que dans le cas du chrome les chlorures verts et les chlorures violets à divers états d'hydratation avaient le même coefficient d'aimantation et que seul le chlorure anhydre en différait, mais de ces observations on ne peut malheureusement rien conclure.

Les classiques travaux de M. Recoura et mes propres recherches ont démontré d'une façon indiscutable qu'il existait des sels normaux et des composés complexes aussi bien dans la série violette que dans la série verte, et Mlle Feytis ne nous dit pas quelle espèce de corps elle a eue entre les mains. On peut pourtant, même avec quelques centigrammes de matière, distinguer rapidement les composés salins des composés pseudo-salins, grâce à un réactif très fidèle que j'ai indiqué jadis (1). L'acide sulfochromique, dont la préparation est des plus faciles, a la curieuse propriété de précipiter la solution de tous les véritables *sels* métalliques, et de ne précipiter aucun de leurs composés complexes.

Je profite de cette occasion pour appeler encore une fois l'attention sur l'insuffisance des méthodes physiques qu'on tend de plus en plus à introduire dans l'étude des phénomènes chimiques. Je reconnais volontiers que ces méthodes sont extrêmement simples et fort expéditives,

(1) *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XXVII, 1902.

puisqu'elles se réduisent, en dernière analyse, à une série de lectures sur un instrument de mesure qu'on résume ensuite dans un tableau ou qu'on représente par une courbe; mais c'est précisément leur grande simplicité qui les rend peu aptes à résoudre les problèmes toujours très compliqués de la Chimie.

Ce n'est pas la propriété magnétique ni aucune autre propriété physique qui pourra jamais nous faire connaître avec certitude le caractère particulier des différences profondes existant entre les hydrates et les anhydrides de ce que nous appelons des *sels*. Il nous faut pour cela avoir prise sur la constitution intime des corps et employer des méthodes purement qualitatives, infiniment plus délicates et plus difficiles à manier, mais donnant en revanche des résultats certains.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un nouveau sulfate double cérique argentifère.* Note de M. **M.-Emm. Pozzi-Escot.**

Le sulfate double cérique qui fait l'objet de cette Note a été obtenu en faisant réagir le nitrate d'argent, en solution concentrée et chaude, sur une solution sulfurique concentrée et chaude de sulfate cérique.

Il se produit dans ces conditions un précipité cristallin, formé de cristaux prismatiques dichroïques jaune orangé foncé, insolubles dans la solution sulfurique de sulfate cérique. On l'essore à la trompe et on le lave avec une solution sulfurique diluée d'abord, puis avec de l'eau alcoolisée faible et glacée. On obtient ainsi un précipité jaune orangé très foncé, qui retient énergiquement un excès d'acide sulfurique. Chauffé dans un tube de verre de Bohême dans un courant d'air sec vers 400°, il perd l'acide en excès et devient anhydre, il est alors d'un beau jaune orangé vif et répond à la formule $10Ce(SO^4)^2, 6Ag^2SO^4$. En présence de vapeur d'eau, il reprend lentement l'état cristallin primitif, en fixant 2^{mol} d'eau.

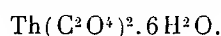
L'analyse avec le sel anhydre a donné les résultats suivants :

	Trouvé.	Calculé.
Acide sulfurique SO^4....................	47,78	48,185
Argent (de AgCl)......................	24,88	24,787
Cérium (de CeO^2)......................	27,14	27,027

Le sulfate double anhydre est peu soluble dans l'eau froide, légèrement soluble à l'ébullition avec décomposition. Les composants peuvent y être dosés directement sans difficulté particulière.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la solubilité de l'oxalate de thorium.*
Note de M. **A. Colani**, transmise par M. A. Haller.

J'ai entrepris une étude sur la solubilité des principaux composés de l'uranium et du thorium. J'ai été en partie devancé, en ce qui concerne le thorium, par deux Mémoires de MM. Wirth et Hauser ([1]), dont je viens seulement de prendre connaissance. Après avoir étudié la solubilité de l'oxalate de thorium dans l'acide sulfurique, ces auteurs indiquent qu'on peut en déduire la solubilité dans les autres acides, mais qu'avec l'acide chlorhydrique, pour une teneur supérieure à 20 pour 100, la phase solide est formée par du chloro-oxalate et non plus par de l'oxalate. Depuis assez longtemps déjà, j'ai étudié l'action de l'acide chlorhydrique sur l'oxalate de thorium, soit seul, soit en présence d'acide oxalique, cas le plus intéressant au point de vue de l'analyse quantitative. J'ai opéré à la température ordinaire et à 50°, température qu'on ne peut dépasser, les solutions d'acide oxalique se décomposant notablement dès 66° ([2]). A froid, le temps nécessaire pour obtenir des solutions en équilibre est toujours fort long et peut atteindre trois mois. Il dépend naturellement de la quantité d'oxalate en présence dans le liquide et de la manière dont on le maintient en suspension. Pour les teneurs un peu fortes en acide chlorhydrique, l'oxalate cristallise très nettement, tout en répondant toujours à la formule



$$Th(C^2O^4)^2.6H^2O.$$

Il peut même y avoir dissolution rapide et complète de l'oxalate, puis précipitation lente de l'oxalate cristallisé. J'ai obtenu les résultats suivants, tous exprimés en grammes et rapportés à 100g de solution, la quantité d'oxalate dissous étant indépendante, pour ces concentrations en acide chlorhydrique, de la quantité d'oxalate en contact avec le liquide.

Température.	HCl.	Th.	$Th(C^2O^4)^2$.	Température.	HCl.	Th.	$Th(C^2O^4)^2$.
°				°			
17....	0	0,0010	0,0017	50....	0	0,0010	0,0017
17....	1,2	0,0020	0,0035	50....	4,1	0,0058	0,010
12 ...	3,2	0,0027	0,0047	50....	8,4	0,016	0,028
17....	3,6	0,0035	0,0061	50....	12,4	0,033	0,057
17....	4,6	0,0054	0,0094	50....	16,1	0,059	0,103
17....	8,4	0,010	0,017	50....	18,0	0,077	0,134
17....	13,1	0,016	0,028	50....	19,9	0,097	0,169
17....	16,2	0,022	0,038	50....	21,6	0,133	0,232
17....	19,8	0,037	0,064				

(1) *Zeitsch. anorg. Chem.*, t. LXXVI, 1912, p. 174; t. LXXVIII, 1912, p. 75.
(2) Lamouroux, *Comptes rendus*, t. 128, 1899, p. 999.

Le nombre correspondant à la teneur de 3,2 de HCl à 12° est plus faible que celui donné par Clève [1]. Il a été obtenu après 3 mois de contact. Après 1 an, on a trouvé dans un autre essai $0^g,0025$ de Th pour 100^g de solution; on était donc à saturation. Le titrage de l'acide oxalique contenu dans la liqueur a donné pour le dernier essai à 17°, $0^g,028$, pour le dernier essai à 50°, $0^g,101$ de C^2O^4, ce qui montre qu'il n'y avait pas eu destruction d'acide oxalique.

Pour des teneurs plus fortes en acide chlorhydrique (voisines et un peu supérieures à celles correspondant au minimum de solubilité de l'acide oxalique dans l'acide chlorhydrique), l'oxalate de thorium est transformé en chloro-oxalate avec mise en liberté d'acide oxalique. Celui-ci diminue fortement la solubilité du chloro-oxalate, et l'on trouve d'autant moins de thorium et d'autant plus d'acide oxalique dissous, qu'il y avait plus d'oxalate de thorium en présence du liquide.

La solubilité de l'oxalate de thorium dans l'acide oxalique est toujours très faible et semble passer par un minimum. On a à 50° :

$C^2O^4H^2$.	Th.
1,7	0,0002
6,5	0,0007
9,3	0,001
23,0	0,003

La solubilité de l'oxalate de thorium dans l'acide chlorhydrique est fortement diminuée par des quantités même assez faibles d'acide oxalique; puis, pour une teneur comprise entre 1 et 2 pour 100, la composition de la phase solide ne changeant pas, elle devient presque constante. On a les résultats suivants :

17°.			50°.		
HCl.	$C^2O^4H^2$ total.	Th.	HCl.	$C^2O^4H^2$ total.	Th.
1,2	0,71	0,0013	12,4	0,024	0,033
4	0,71	0,0020	12,3	0,14	0,012
8,5	0,71	0,0018	12,4	0,28	0,0054
13,2	0,71	0,0022	12,4	0,43	0,0048
13,2	1,44	0,0014	12,4	1,37	0,0033
13,3	2,63	0,0013	12,4	2,06	0,0025
			12,3	2,76	0,0026
			12,4	5,49	0,0026
			12,3	10,9	0,0017

[1] *Bull. Soc. chim.*, 2e série, t. XXI, p. 115.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'action de l'acétylène monosodé sur les iodures alcooliques. Préparation des carbures acétyléniques vrais.* Note de MM. **Paul Lebeau** et **Marius Picon**, transmise par M. Haller.

Parmi les dérivés formés par l'acétylène avec les métaux alcalins, les composés du type C^2HM semblent devoir réagir *a priori* sur les iodures alcooliques pour donner des carbures acétyléniques vrais. Cependant, toutes les tentatives faites jusqu'ici pour atteindre ce but paraissent avoir été infructueuses. Nous avons réussi à réaliser ce genre de réaction en mettant à profit le pouvoir ionisant du gaz ammoniac liquéfié. Nous avons pu obtenir ainsi des carbures acétyléniques vrais très purs, et nous donnerons à titre d'exemple les préparations de l'allylène et de l'hexine normal.

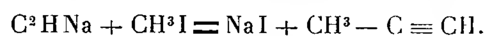
L'acétylure alcalin que nous avons employé dans nos premiers essais est l'acétylène monosodé. Nous l'avons préparé par le procédé donné par Henri Moissan [1] et qui consiste à faire agir le gaz acétylène pur sur le sodammonium. Cette préparation présentait pour nous l'avantage de donner un produit parfaitement défini, en solution dans le liquide au sein duquel nous voulions le faire réagir.

Préparation de l'allylène. — Le chlorure et l'iodure de méthyle réagissent vers — 50° sur la solution d'acétylène monosodé dans l'ammoniac liquide.

On place, dans un ballon de verre rempli d'hydrogène sec, quelques grammes de sodium. Ce ballon porte un bouchon de caoutchouc laissant passer un tube à brome et, en outre, un tube de verre courbé à angle droit relié par un caoutchouc à vide à un autre tube vertical permettant le dégagement des gaz sur une cuve à mercure. Le tube à brome sert, d'abord, au passage du gaz ammoniac qui est liquéfié dans le ballon au moyen d'un mélange de neige carbonique et d'acétone.

Lorsque la quantité d'ammoniac liquéfié est suffisante pour donner une solution bien fluide de sodammonium, on remplace le courant de gaz ammoniac par un courant d'acétylène qui fournit alors l'acétylène monosodé dont une partie cristallise et l'autre reste dissoute. La décoloration de la liqueur indique la fin de la réaction. On laisse alors la température s'élever pour faire distiller une partie de l'ammoniac qui entraîne l'acétylène introduit en excès.

Après avoir de nouveau refroidi le ballon vers — 60°, on fait tomber goutte à goutte, à l'aide du tube à brome, une quantité d'iodure de méthyle légèrement inférieure à celle exigée pour la proportion de sodium employé en admettant, pour la réaction, l'équation suivante :



$$C^2HNa + CH^3I = NaI + CH^3 - C \equiv CH.$$

(1) H. Moissan, *Comptes rendus*, t. 127, 1898, p. 913.

Lorsque tout l'iodure de méthyle est introduit ([1]) et qu'on a maintenu environ 5 minutes à — 45°, on laisse dégager les gaz sur la cuve à mercure. On les recueille dans des flacons renfermant une quantité d'eau suffisante pour absorber le gaz ammoniac. Après séparation de l'eau ammoniacale, on lave le résidu gazeux à l'acide sulfurique dilué. On obtient ainsi un gaz complètement absorbable par l'iodomercurate de potassium alcalin et par le chlorure cuivreux ammoniacal avec lequel il fournit un précipité jaune. La combustion eudiométrique correspond à celle de l'allylène pur.

Une expérience a été faite sur une petite quantité de sodium rigoureusement déterminée afin de vérifier l'équation donnée plus haut pour cette réaction. Le poids de sodium utilisé était de $0^g,310$. Une fois la réaction effectuée, on a mesuré le gaz produit et dosé l'iode qui se trouvait à l'état d'iodure de sodium, ce qui permettait de calculer le poids d'iodure de méthyle mis en œuvre. Le ballon contenant l'iodure de sodium renfermait encore une petite quantité d'acétylène monosodé, précaution prise pour éviter toute réaction secondaire. Le gaz recueilli sur le mercure en présence d'eau était de $176^{cm^3},1$ à 0° et 760^{mm}. Il faut y ajouter 44^{cm^3} correspondant à la solubilité approximative de l'allylène dans le liquide aqueux. On obtient ainsi un volume total de $176,1 + 44 = 220^{cm^3},1$. La quantité d'iodure de méthyle correspondant à l'iodure d'argent provenant de l'iodure de sodium formé serait de $1^g,46$. Elle devrait fournir $229^{cm^3},3$ d'allylène. Le rendement est donc de 96,4 pour 100 et l'on peut admettre, étant données les difficultés que présente une telle mesure, que la réaction est bien celle indiquée par l'équation citée plus haut.

Préparation de l'hexine normal. — Dans un appareil identique à celui qui vient d'être décrit pour la préparation de l'allylène, nous avons fait réagir, sur l'acétylène monosodé, de l'iodure de butyle normal. Après avoir préparé l'acétylène monosodé, on sépare dans ce cas le ballon du tube à dégagement allant sur la cuve à mercure et on le met en communication avec un tube manométrique à mercure à air libre. Ce dispositif permet de laisser la température s'élever de quelques degrés au-dessus du point d'ébullition de l'ammoniac, la réaction ne se produisant que dans le voisinage de — 30°. On maintient un excès de pression de 50^{cm} à 60^{cm} de mercure pendant 15 minutes, puis on refroidit de nouveau.

Le ballon est alors mis en communication avec un système de deux condenseurs à — 30° qui retiendront les vapeurs d'hexine entraînées par le gaz ammoniac. Lorsque ce dernier gaz est complètement éliminé, on chauffe le ballon au bain-marie et l'on recueille 30^{cm^3} d'un liquide incolore qui, lavé à l'eau acidulée par l'acide sulfurique pour enlever l'ammoniac qu'il tient en solution, puis séché sur le chlorure de calcium, distille entièrement entre 71°,5 et 72° sous 765^{mm} de pression. [Favorsky ([2]) a donné 68°-70° et Welt ([3]) 70°,5-72° pour l'hexine normal.]

La densité a été trouvée égale à 0,736 à 0°.

([1]) Au moment de l'introduction de l'iodure, il y a parfois départ d'une petite quantité d'allylène qu'on peut aisément recueillir avec le dispositif adopté.

([2]) Favorsky, *Journal de la Société physico-chimique russe*, t. XIX, 1887, p. 563.

([3]) Welt, *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*, t. XXX, 1897, p. 1494.

La tension de vapeur de ce liquide, mesurée à 12°,5, est de 75^mm et, à 13°,5, de 81^mm,5.

Ce liquide possède bien les propriétés d'un carbure acétylénique vrai. Il donne par agitation, avec le chlorure cuivreux ammoniacal, un précipité jaune; avec l'iodomercurate de potassium alcalin, un précipité blanc immédiat.

L'azotate d'argent en solution alcoolique fournit un abondant précipité blanc.

La combustion a été faite et a donné les résultats suivants :

	I.	II.	Calculé pour C^6H^{10}.
C	87,44	88,08	87,80
H	12,34	12,34	12,20
	99,78	100,42	100,00

Ces deux exemples suffisent pour montrer avec quelle facilité on peut préparer, par cette méthode, des carbures acétyléniques vrais. Le pouvoir ionisant de l'ammoniac nous a même permis de faire entrer en réaction le carbure de calcium préparé au four électrique avec les dérivés halogénés des carbures d'hydrogène. Nous poursuivons l'étude de ces réactions.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Éthérification catalytique en solution étendue : préparation de l'acétate d'éthyle.* Note de M. F. **Bodroux**, transmise par M. A. Haller.

En distillant doucement, en présence d'une solution aqueuse concentrée d'iodure d'aluminium, un mélange d'acide acétique et d'alcool propylique, j'ai constaté la formation d'une grande quantité d'acétate de propyle.

La production de cet éther-sel ne peut être attribuée qu'à l'action catalytique du sel dissous. Si, en effet, on distille des mélanges d'acide acétique, de propanol et d'eau, la proportion d'acétate de propyle formée est très faible ; elle augmente notablement quand l'eau employée tient en dissolution quelques centièmes d'un sel d'aluminium ou d'acide sulfurique.

MM. Senderens et Aboulenc [1] ont préparé un grand nombre d'éthers-sels en faisant réagir les acides organiques sur les alcools en présence de quelques centièmes d'acide sulfurique. J'ai pensé qu'il était intéressant de généraliser la réaction découverte par ces savants au cas où l'un des corps employés renferme une forte proportion d'eau. Dans ce but, j'ai effectué un

(1) *Comptes rendus*, t. 152, p. 1671 et 1855 ; t. 153, p. 881 ; t. 155, p. 168.

certain nombre d'expériences : la présente Note a pour but de faire connaître les résultats obtenus avec l'acide acétique et l'alcool éthylique.

Voici le mode opératoire employé :

Le mélange d'acide acétique cristallisable, d'alcool éthylique à 95° et de la solution étendue du catalyseur était chauffé dans un ballon, surmonté d'un long tube à distillation fractionnée auquel se trouvait adapté un réfrigérant descendant. L'acétate d'éthyle commençait à passer vers 71° et l'ébullition du liquide était réglée de manière que 25 gouttes environ fussent recueillies par minute. Dans tous les cas, l'opération a été arrêtée lorsque le thermomètre marquait 85°. Après refroidissement, le titrage de l'acide libre permettait de calculer la proportion d'éther-sel formée.

Les résultats obtenus sont les suivants :

Volumes employés :			Rendement en acétate d'éthyle pour 100.
50^{cm^3} d'eau contenant SO^4H^2 pour 100.	Alcool éthylique.	Acide acétique.	
cm³	cm³	cm³	
1	30	25	49,1
2	30	25	59,4
5	35	25	82,2
10	35	25	88,7
5	70	50	87,9
10	70	50	92,1
1	50	50	69,1
5	100	100	76,8

Les chiffres contenus dans ce Tableau montrent que le rendement en éther-sel dépend des quantités d'acide acétique, d'alcool et d'acide sulfurique étendu qui se trouvent en présence. Pour des volumes déterminés d'éthanoïque et d'éthanol, la quantité d'acide organique éthérifié est d'autant plus grande que la teneur en SO^4H^2 de la solution aqueuse utilisée est plus considérable.

Pour la préparation de l'acétate d'éthyle, il n'est donc pas nécessaire d'employer, comme on le fait industriellement, de l'alcool à haut titre. Étant donnée l'importance de cet éther-sel, cette remarque peut présenter un certain intérêt pratique.

Les acides chlorhydrique, azotique, iodique, phosphorique, oxalique et picrique, en solutions très étendues, fournissent des résultats analogues. 50^{cm^3} de la dissolution du catalyseur ayant été chauffés avec 50^{cm^3} d'acide acétique et 70^{cm^3} d'alcool, le rendement en éther-sel a été le suivant :

Catalyseur dans 100^{cm^3} de solution.		Rendement en acétate d'éthyle pour 100.
HCl pur du commerce............	10^{cm^3}	88,9
NO^3H »	5^{cm^3}	86,1
PO^4H^3 liquide, $d = 1,7$...........	10^{cm^3}	63,3
Acide iodique....................	5^g	68,2
Acide picrique..............	5^g	72,9
Acide oxalique...................	5^g	46,2

Dans l'expérience faite avec l'acide iodique, ce composé a été complètement détruit et, en même temps que l'acétate d'éthyle, il y a eu formation d'éthanal.

La distillation d'un mélange de 70^{cm^3} d'alcool, 50^{cm^3} d'acide acétique et 50^{cm^3} d'eau, effectuée dans les mêmes conditions que précédemment, fournit seulement 7,5 pour 100 d'éther acétique.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action des températures élevées sur les nucléases desséchées d'origines végétales.* Note [1] de M. **E.-C. Teodoresco**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Dans une précédente Note, j'ai communiqué à l'Académie des Sciences [2] que les nucléases des Cryptogames, en solution aqueuse, ne perdent complètement leurs propriétés diastasiques qu'après avoir été chauffées au-dessus de 90°. Je me suis proposé d'examiner si ces mêmes diastases ne seraient pas capables de résister à des températures encore plus hautes, lorsqu'on les chaufferait à l'état desséché.

Dans la présente Note j'exposerai, à ce dernier point de vue, les résultats de mes recherches sur les nucléases de l'*Evernia prunastri*, du *Sticta pulmonacea*, du *Lycoperdon gemmatum* et de la Levure de bière.

Première expérience. — 13^g d'*Evernia prunastri* avec 100^{cm^3} d'eau distillée dans le flacon A, avec 100^{cm^3} de nucléate de sodium à 0,4 pour 100 dans les flacons B et C; le matériel du flacon C a été préalablement chauffé pendant 30 minutes à 120°, tandis que celui du flacon D a été chauffé à 140° pendant le même temps. Après 40 heures, on détermine la teneur des liquides en phosphore et l'on trouve :

(1) Présentée dans la séance du 17 mars 1913.

(2) *Comptes rendus*, t. 155, p. 154.

	Températures.	Phosphore minéral (P^2O^5) trouvé [1].	Phosphore minéralisé [1].
	°	mg	mg
A...............	100 (bouilli)	7	0
B...............	35	101,3	94,3
C...............	120	88,8	81,8
D...............	140	55,5	48,5

Deuxième expérience. — 4g d'*Evernia prunastri* dans chaque flacon A, B, C, D; le matériel du flacon C préalablement chauffé à 149°, celui du flacon D d'abord chauffé à 149°, ensuite bouilli. Dans A 80cm³ d'eau distillée, dans B, C et D 80cm³ du nucléate de sodium à 0,4 pour 100. Le Tableau suivant résume les résultats de l'expérience au bout de 6 jours :

	Températures.	Phosphore minéral trouvé (P^2O^5).	Phosphore minéralisé.
	°	mg	mg
A..........	100 (bouilli)	3,5	0
B..........	35	12,9	9,6
C..........	145	9,2	5,9
D..........	145	3,3	0

Troisième expérience. — 10g de *Sticta pulmonacea* sont mis en contact avec 100cm³ de liquide, dans les flacons suivants: A, matériel bouilli, avec de l'eau distillée; B, matériel non bouilli, avec du nucléate de sodium à 0,4 pour 100; C, matériel préalablement chauffé à 132°; D, matériel chauffé à 143°; E, matériel chauffé à 151°; F, matériel chauffé à 162°. Dans les flacons C à F les tissus sont mis en contact avec une solution de nucléate de sodium à 0,4 pour 100. On constate les quantités suivantes de phosphore :

		Au bout de 10 jours.		Au bout de 20 jours.	
	Températures.	Phosphore minéral trouvé.	Phosphore minéralisé.	Phosphore trouvé.	Phosphore minéralisé.
	°	mg	mg	mg	mg
A...	100 (bouilli)	traces	0	3,75	0
B...	35	70	70	78,75	75,0
C...	132	60	60	72,5	68,75
D...	143	40	40	52,5	48,75
E...	151	22	22	30,0	26,25
F...	162	17,5	17,5	30,0	26,25

Quatrième expérience. — 31g,5 de *Lycoperdon gemmatum*, qui avait été desséché à 35°, sont divisés en trois parties : A bouillie, avec de l'eau distillée; B non bouillie, avec du nucléate de sodium à 0,4 pour 100; C préalablement chauffée à 131°, également avec du nucléate de sodium à 0,4 pour 100. Après 24 heures on trouve :

(1) Dans 100cm³ de liquide.

	Températures.	Phosphore minéral trouvé (P^2O^5).	Phosphore minéralisé.
	°	mg	mg
A	100 (bouilli)	84	0
B	35	193,4	109,4
C	131	122,2	38,2

Cinquième expérience. — 50g de *Lycoperdon gemmatum* desséché à 35° sont divisés en cinq parties et mises en contact avec 125cm³ liquide : A bouillie, avec de l'eau distillée; B non bouillie, avec de l'eau distillée; C non bouillie, avec du nucléate de sodium à 0,4 pour 100; D préalablement chauffée pendant 30 minutes à 141°, avec de l'eau distillée; E chauffée également à 141°, mais mis en contact avec du nucléate de sodium. Après 24 heures, la teneur des liquides en phosphore est la suivante :

	Températures.	Phosphore minéral trouvé (P^2O^5).	Phosphore minéralisé.
	°	mg	mg
A	100 (bouilli)	80	0
B	35	127,7	47,7
C	35	218,4	138,4
D	141	88,8	8,8
E	141	111,1	31,1

Sixième expérience. — 30g de *Lycoperdon gemmatum* desséché à 35° sont divisés en trois parties égales et mises en contact avec 100cm³ de liquide : A bouillie, avec de l'eau distillée; B non bouillie, avec du nucléate de sodium à 0,4 pour 100; C préalablement chauffée à 156°, mise ensuite dans une solution de nucléate à 0,4 pour 100. Le Tableau suivant résume les résultats obtenus :

	Températures.	Phosphore minéral trouvé (P^2O^5).	Phosphore minéralisé.
	°	mg	mg
A	100 (bouilli)	112,9	0
B	35	197,1	84,2
C	156	112,9	0

Septième expérience. — 100g de Levure de bière sont divisés en cinq parties, mises chacune en contact avec 200cm³ de liquide : A bouillie, avec de l'eau distillée; B non bouillie, avec du nucléate à 0,5 pour 100; les trois autres parties avec la même solution de nucléate, mais C chauffé à 133°, D à 153°, E à 166°. Après 4 jours, on a trouvé les quantités suivantes de phosphore :

	Températures.	Phosphore minéral trouvé (P^2O^5).	Phosphore minéralisé.
	°	mg	mg
A	100 (bouilli)	232	0
B	35	335	103
C	133	275	43
D	153	245	13
E	166	230	0

Conclusion. — Les nucléases desséchées des plantes étudiées dans les expériences précédentes ne perdent toute activité envers le nucléate de sodium qu'après un chauffage de 30 minutes à des températures assez élevées; la nucléase de l'*Evernia prunastri* ne devient inactive qu'après 145°, celle du *Lycoperdon gemmatum* entre 141° et 156°, celle de la Levure de bière après 153°, et celle du *Sticta pulmonacea*, la plus résistante, ne perd toute activité qu'après 162°.

BOTANIQUE. — *Sur le début de la différenciation vasculaire dans la plantule des* Veronica. Note de M. **Maurice Lenoir**, présentée par M. Gaston Bonnier.

J'ai étudié la structure des plantules, depuis l'état d'embryon dans la graine jusqu'au moment de l'épanouissement des cotylédons, dans une quinzaine d'espèces du genre *Veronica*.

Je prendrai pour type, dans cette Note, la plantule de *Veronica serpyllifolia*.

Si l'on examine la différenciation des tissus vasculaires dès leur apparition, par l'étude de coupes en séries ininterrompues, les unes transversales, les autres longitudinales, on voit que dans le premier stade il se forme d'abord dans chacun des deux futurs groupes libériens et des deux futurs groupes ligneux, soit un seul tube criblé, soit un seul vaisseau du bois. Les deux premiers tubes criblés se différencient avant les deux premiers vaisseaux du bois.

Si l'on étudie la différenciation d'un de ces tubes criblés, à l'état le plus jeune que j'aie pu observer, on voit qu'il s'est déjà formé un seul tube criblé continu depuis le haut du cotylédon jusqu'à la base de l'axe hypocotylé; cette différenciation de ce premier tube criblé unique, dans chacun des deux groupes libériens, se poursuit ensuite dans la radicule, à mesure que celle-ci se développe, toujours en continuité avec ce même tube criblé.

En suivant la même différenciation du premier vaisseau du bois de chacun des deux futurs groupes ligneux, on voit la différenciation se produire plus nettement du haut vers le bas, c'est-à-dire d'abord dans le cotylédon, ensuite dans l'axe hypocotylé et enfin dans la radicule.

Considérons ces deux premiers tubes criblés; à quelque hauteur qu'on les observe dans cette jeune plantule, ils ne sont jamais séparés de l'écorce que par une seule assise de cellules parenchymateuses. Or, le plan passant par l'axe de la plantule et par

ces deux tubes criblés, au-dessus du sommet de l'axe hypocotylé (c'est-à-dire dans l'ensemble des deux cotylédons un peu plus haut que leurs bases), encore appliqués l'un sur l'autre, est perpendiculaire au plan qui passe par l'axe de la plantule et par ces deux tubes criblés au-dessous de la base de l'axe hypocotylé, c'est-à-dire dans la radicule. Entre ces deux régions, si l'on suppose que l'examen soit fait de haut en bas, on voit qu'à partir de la région basilaire des cotylédons, la différenciation de l'un ou de l'autre de ces tubes criblés se fait dans un plan de plus en plus oblique, par rapport au plan supérieur dont je viens de parler. De la sorte, à la base de l'axe hypocotylé, cette différenciation finit par se produire dans un plan perpendiculaire au premier. Remarquons que le tube criblé d'un des cotylédons se trouverait ainsi comme déplacé vers la gauche par rapport au plan de symétrie supérieur à mesure qu'on va de haut en bas, tandis qu'au contraire le tube criblé de l'autre cotylédon se trouverait comme déplacé vers la droite. Il en résulte, à ce premier stade, une sorte d'asymétrie vasculaire dans l'ensemble des éléments criblés des deux cotylédons. D'ailleurs la symétrie vasculaire est ultérieurement rétablie par la différenciation d'un deuxième tube criblé dans chaque cotylédon.

Considérons maintenant les deux premiers vaisseaux du bois. Dans les cotylédons, ces éléments vasculaires sont séparés de l'écorce par un certain nombre d'assises de cellules parenchymateuses, tandis que dans la radicule ils ne sont séparés de l'écorce que par une seule assise de cellules (comme le sont partout les tubes criblés), mais le plan qui passe par l'axe de la plantule et par ces deux premiers vaisseaux du bois, dans l'ensemble des deux cotylédons est le même que celui qui passe par l'axe de la radicule et les prolongements de ces deux mêmes vaisseaux. Si l'on suit de haut en bas la différenciation de l'un de ces vaisseaux, elle se fait toujours dans le même plan, mais en se rapprochant de plus en plus de l'écorce jusqu'à n'en être plus séparée que par une seule assise parenchymateuse vers le milieu de l'axe hypocotylé.

En examinant la suite de la différenciation des éléments libériens et ligneux après ce premier stade, on voit s'organiser dans chacun des cotylédons un faisceau libéro-ligneux normal, et dans la radicule deux faisceaux libériens alternant avec deux faisceaux ligneux. L'axe hypocotylé, surtout dans sa moitié supérieure, s'organise en des structures intermédiaires entre ces deux types extrêmes.

Les observations portant sur les autres espèces de Véroniques m'ont donné sensiblement les mêmes résultats.

En résumé : l'examen des plantules des Véroniques fournit, au premier stade de la différenciation vasculaire, un exemple très net de la continuité dans la formation des premiers tubes criblés et des premiers éléments du bois. On voit aussi comment, dans cette différenciation, l'orientation des premiers éléments libériens est différente de celle des premiers éléments ligneux aux diverses hauteurs de la plantule. Enfin dans chaque cotylédon se révèle, au début du premier stade, une asymétrie dans la position du premier tube criblé qui se trouve corrigée peu après par l'apparition d'un second tube criblé symétrique.

BOTANIQUE. — *De l'influence de l'albumen sur le développement de l'embryon.* Note de MM. **Marcel Dubard** et **J.-A. Urbain**, présentée par M. Gaston Bonnier.

D'après les travaux de Sachs, Van Tieghem, Blocizewski, Brown et Morris, une certaine indépendance existerait entre l'embryon et l'albumen; c'est ainsi qu'on peut, sans nuire au développement de la plantule, remplacer l'albumen par certaines préparations artificielles ou même en supprimer une fraction; au contraire, l'ablation totale de l'albumen permettrait bien à la jeune plante de végéter pendant un certain temps, mais non pas de fournir une évolution complète, la différenciation de la gemmule se trouvant assez vite entravée.

Ayant repris ces expériences, dans le but de comparer d'une façon précise le développement d'un embryon privé de son albumen à celui d'un embryon tout à fait comparable, mais laissé dans la graine intacte, nous avons constaté que, moyennant certaines précautions, on peut obtenir une évolution complète, avec un retard plus ou moins accentué par rapport à la germination normale; l'expérience réussit avec les espèces les plus variées et quelle que soit la nature des réserves de l'albumen.

Nous commençons par placer les graines dans l'eau, à une température de 15° à 20° pendant un certain temps, afin de gonfler leurs tissus et de rendre possible l'extraction de l'embryon sans le léser. Il se produit évidemment un commencement de germination et un réveil de l'activité vitale, car on observe, au bout de quelques heures, une très légère élongation de la radicule.

C'est, en moyenne, au bout de 24 heures que nous extrayons l'embryon et, dans certains cas, nous avons encore pu réduire cette phase préliminaire; après ce temps, l'albumen est encore intact et ne présente aucune trace de digestion; le contact éphémère de celui-ci ne paraît donc pas avoir fourni à l'embryon la moindre proportion de matière; tout au plus, a-t-il pu contribuer à réveiller l'activité des cellules de la plantule et à amorcer la sécrétion des diastases, et encore ce rôle nous paraît bien problématique.

Les embryons extraits sont disposés au fond d'une assiette, sur du buvard humecté d'une solution de Knop, et recouverts d'une cloche; la température est maintenue entre 15° et 20°, et les plantules sont soumises à un éclairement favorable au développement de la chlorophylle. Dans ces con-

ditions, nous avons toujours observé les phases régulières de la germination et, en particulier, le développement progressif de la gemmule qui s'allonge en une tige feuillée. Lorsque les jeunes plants sont jugés assez vigoureux, ils sont mis en pots et maintenus dans les conditions les plus favorables à leur croissance.

De cette façon, nous avons obtenu pour toutes les espèces étudiées un développement tel qu'il ne peut y avoir aucun doute sur le succès ultérieur de nos cultures; nous nous réservons de faire connaître plus tard les particularités de leur évolution jusqu'à la floraison et à la fructification. Les Graminées se prêtent très facilement à ce genre de recherches; voici, à titre d'exemple, les résultats obtenus avec le *Blé*, l'*Avoine* et l'*Orge*.

Nous partons de 30 caryopses aussi comparables que possible et, après les avoir débarrassés de leurs glumelles, nous les mettons à ramollir dans l'eau pendant quelques heures, puis nous isolons 5 embryons dont nous prenons le poids moyen. Les plantules et les graines témoins sont mises en germination sur du buvard imprégné de solution de Knop (à la concentration totale de $0^{g},5$ par litre); le second et le troisième jour [1], nous isolons encore 5 embryons du lot et nous en prenons chaque fois le poids moyen. On note à ce moment, et aussi bien chez les embryons isolés que chez les graines intactes, que la gemmule s'est redressée et que de nombreuses racines adventives se sont développées, mais la gemmule n'est verte que chez les embryons isolés le troisième jour et chez les témoins; elle reste encore jaunâtre chez les autres.

Du premier au troisième jour, les plantules albuminées ont pris un accroissement de poids qui dépasse de $0^{g},005$ pour l'Orge et l'Avoine et de $0^{g},011$ pour le Blé l'accroissement correspondant des embryons isolés le premier jour; dans le même espace de temps, la gemmule a atteint $1^{mm},5$ chez l'Avoine et l'Orge et $2^{mm},5$ chez le Blé pour les embryons isolés le premier jour, $3^{mm},5$ chez l'Avoine, $4^{mm},5$ chez l'Orge et $6^{mm},5$ chez le Blé pour les plantules isolées le troisième jour. Enfin la première racine adventive formée est à peu près deux fois plus longue chez les plantules qui ont conservé leur albumen qne chez les embryons isolés dès le début.

Si l'on examine, le septième jour de l'expérience, ce que sont devenus les embryons isolés du premier au troisième jour inclus par rapport aux plantules témoins, on constate : 1° que les plantules albuminées présentent une gemmule redressée, très verte, et que leurs racines sont longues et abondamment pourvues de poils absorbants; 2° que les embryons isolés le troisième jour ne diffèrent guère comme aspect des précédents; 3° que ceux extraits dès le premier jour, tout en étant bien vivaces, sont beaucoup plus rabougris; leurs gemmules ne sont encore vertes qu'à l'extrémité supérieure; leurs racines adventives sont toujours courtes et ne portent qu'une couronne étroite de poils absorbants.

Voici un Tableau comparatif de la longueur des gemmules, qui met en relief les différences énoncées.

---

(1) A ce moment, l'albumen paraît encore intact.

Embryons isolés.	Avoine.	Blé.	Orge.
	mm	mm	mm
Le premier jour	15	20	18
Le troisième jour	25	35	32
Témoins albuminés	35	45	40

Le septième jour, tous les embryons isolés et 5 témoins sont mis en pots et laissés 3 jours en serre à 18°, après quoi on les place dans une serre froide à 10°.

Le vingtième jour, on constate que toutes les plantules se sont développées, les témoins ont plusieurs feuilles étalées et ont une légère prédominance de taille sur les plantules isolées le troisième jour; par contre, celles qui ont été extraites dès le début sont moitié moins hautes et ne portent qu'une feuille étalée. A ce moment, on peut passer sans inconvénient à la culture en pleine terre.

D'autres expériences faites suivant la même technique sur le *Maïs*, la *Nigelle*, la *Belle-de-Nuit*, l'*Épinard*, le *Ricin*, le *Pavot*, le *Fenouil*, la *Carotte*, le *Févier*, le *Pin Pignon* nous ont donné des résultats analogues.

Nous nous sommes demandé en outre si des embryons, normalement exalbuminés, pourraient évoluer quand on les prive des réserves accumulées dans leurs cotylédons; nous avons donc fait végéter ces embryons dans les mêmes conditions que les précédents, après ablation des cotylédons. Les plantules ainsi opérées, restent vivantes plus ou moins longtemps suivant les espèces; mais nous n'avons jamais observé qu'un développement peu appréciable de la gemmule au moment où la plante périssait. En laissant subsister les cotylédons assez longtemps, on peut obtenir une évolution plus accentuée; mais, pour atteindre au développement complet, il est nécessaire, chez le *Haricot*, par exemple, de n'enlever ces organes qu'au bout de 7 à 10 jours, c'est-à-dire qu'au moment où ils ont cédé une grande partie de leurs réserves et où ils sont prêts de se détacher d'eux-mêmes, après avoir verdi.

En résumé : 1° L'albumen n'est jamais indispensable au développement de la plantule.

2° Cependant son influence est favorable et apparaît comme particulièrement utile pendant les premiers jours de la germination. Son action peut être évaluée par le rapport qui existe pour le développement de la gemmule entre un embryon albuminé et un embryon isolé dès le début, après une vingtaine de jours de développement.

3° Si l'on rapproche les expériences faites sur des embryons normalement albuminés de celles exécutées sur des embryons exalbuminés, on peut énoncer que la plantule, telle qu'elle existe dans la graine mûre, possède en elle les réserves indispensables à son développement. Si l'on diminue la

proportion des réserves en mutilant l'embryon lui-même, on peut obtenir, dans certains cas, une végétation prolongée, mais les plantules périssent toujours alors que la gemmule n'a encore que faiblement évolué.

BOTANIQUE. — *Les phénomènes cinétiques de la prophase hétérotypique chez le* Lobelia Erinus. Note de M. L. **Armand**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Les cytologistes étudient depuis longtemps déjà les phénomènes caryocinétiques qui accompagnent la division des cellules mères du pollen chez les végétaux; cependant, malgré les nombreuses recherches déjà faites, il existe encore, même sur des points fondamentaux, des divergences profondes qui ne pourront être résolues que par la comparaison d'observations multiples, portant sur le plus grand nombre d'espèces végétales.

Mes recherches ont porté sur diverses espèces du genre *Lobelia* qui, jusqu'à présent, n'avait fait l'objet d'aucun travail de cette nature. Dans cette première Note, je donnerai seulement le résultat de mes observations sur les phénomènes nucléaires de la prophase hétérotypique chez le *Lobelia Erinus*. Les fleurs prises à des degrés divers de développement ont été fixées au liquide de Flemming, puis, après inclusion dans la paraffine, débitées en sections de 3^{μ} à 5^{μ} d'épaisseur et colorées soit à la triple coloration de Flemming, soit à l'hématoxyline alunée suivant la méthode d'Heidenhain.

Prosynapsis. — A ce stade, les cellules-mères complètement différenciées, forment au milieu de chaque sac pollinique un massif compact. Au centre de chacune d'elles, on trouve un gros noyau sphérique, séparé du cytoplasme réticulaire par une membrane très nette et renfermant un suc nucléaire abondant, dans lequel on observe 2 à 5 nucléoles inégaux, placés excentriquement, et un réseau chromatique à mailles lâches. Ce réseau est formé par les filaments inégalement épais, où l'on peut distinguer des amas plus ou moins réguliers de chromatine englobés dans la linine, moins colorée. A ce stade, les cellules nourricières ont un seul noyau.

Synapsis. — Le réseau chromatique abandonne graduellement la plus grande partie de la cavité nucléaire dont le volume s'est nettement accru. A mesure que la contraction s'accentue, le réseau devient de moins en moins colorable, par suite de la condensation de la chromatine en certains points, où elle forme des amas disposés par paires, rappelant tout à fait les corps dits *prochromosomes*, signalés par Overton chez plusieurs Dicotylédones. A ce stade, les cellules nourricières ont un seul noyau qui entre en prophase chez quelques-unes d'entre elles. Le phénomène de contraction synaptique continue, et bientôt le réseau, complètement tassé autour des nucléoles, forme une masse compacte dans laquelle on ne peut distinguer aucune structure déter-

minée. De cette masse sortent des filaments grêles plus ou moins allongés. Certains d'entre eux sont disposés parallèlement; mais cet aspect ne peut être interprété comme produit par l'appariement de deux filaments distincts, suivant la conception de Gregoire et Bergs, car une étude attentive indique que les filaments parallèles se réunissent toujours en boucle à leur extrémité et montre ainsi qu'on a affaire à un filament unique, replié sur lui-même. A la fin de l'étape synaptique, les cellules nourricières ont pour la plupart deux noyaux.

Spirème. — De la masse synaptique émergent d'abord quelques cordons assez épais, en forme de boucles, puis le peloton synaptique se déroule peu à peu en un ruban qui serpente sous la membrane, revient vers le centre, et forme des anses qui se croisent dans toutes les directions : c'est le spirème. Le cordon qui le constitue est formé par *une série unique* de granules chromatiques irréguliers englobés dans une masse moins colorable, sur laquelle ils font saillie. Aucune observation ne conduit à supposer qu'à ce stade, ce cordon ait une nature double et soit constitué par la juxtaposition de deux filaments simples plus minces, comme le fait a été décrit par plusieurs auteurs et notamment par Overton chez diverses Dicotylédones. Je dois cependant mentionner que dans les grosses boucles qui émergent au début de la masse synaptique, on peut distinguer parfois au centre une ligne moins colorée; mais jamais on observe de clivage et de filaments nettement séparés. A ce moment l'assise transitoire interne est très aplatie et en voie de disparition.

Formation des chromosomes. — Le spirème se coupe d'abord en segments plus ou moins allongés et contournés, puis chacun d'eux se dédouble longitudinalement. Chaque chromosome double ainsi constitué est formé de deux filaments plus ou moins rapprochés ou enroulés l'un autour de l'autre. A ce moment, l'assise transitoire interne a disparu. Bientôt, la chromatine se condense en certains points de ces filaments, abandonnant la trame de linine qui la supporte et qui reste visible, et forme des bandes chromatiques plus courtes, toujours séparées en deux par une fente longitudinale. La contraction s'accentue et l'on arrive aux chromosomes doubles massifs de la diakinèse.

En résumé, les caractères essentiels de la prophase hétérotypique chez le *Lobelia Erinus* sont les suivants :

1° Formation de prochromosomes au stade prosynapsis;

2° Nature simple du spirème qui n'est pas formé par l'appariement de deux filaments distincts;

3° Division longitudinale tardive du spirème, se produisant après sa segmentation transversale;

4° Formation des chromosomes suivant le mode parasyndétique de Grégoire, c'est-à-dire aux dépens de deux moitiés placées côte à côte et non pas par boucles (mode métasyndétique), aux dépens de parties placées bout à bout dans le spirème.

PHYSIOLOGIE. — *Inscription des mouvements respiratoires au moyen de la main.* Note de M. **Marage**, présentée par M. d'Arsonval.

Quand on tient le bras le long du corps, l'avant-bras étant horizontal, le coude s'appuie sur les fausses côtes. Or, chez les sujets qui ont le type de respiration diaphragmatique très développé, le mouvement des fausses



Fig. 1. — Tracé de la respiration, coude au contact du thorax. (1er sujet.)

côtes est très marqué; ce mouvement se transmet à l'avant-bras et à la main, il s'agit de l'inscrire. Pour cela, on tient entre le pouce et l'index la

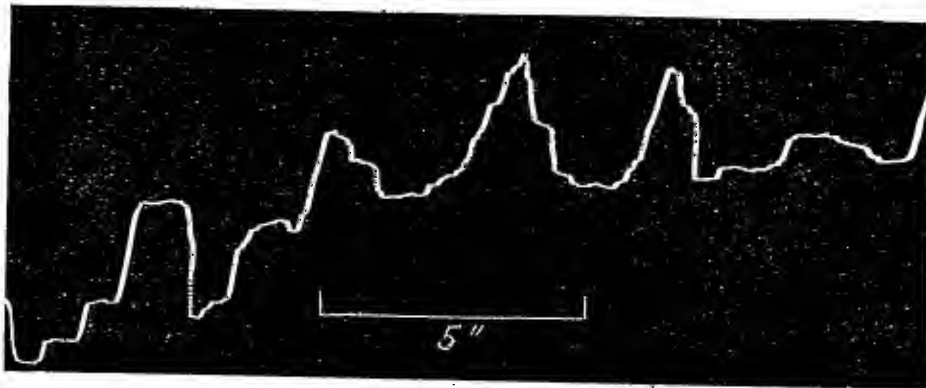


Fig. 2. — Tracé de la respiration, coude au contact du thorax. (2e sujet, sourcier.)

petite branche d'un levier horizontal du premier genre, dont la grande branche 50 fois plus longue inscrit une courbe sur une feuille de papier; on obtient ainsi un tracé, dans lequel les mouvements d'inspiration (partie ascendante) et d'expiration (partie descendante) sont très nets (*fig.* 1 et 2).

Si le coude n'est plus en contact avec le thorax, les mouvements respiratoires sont beaucoup moins apparents (*fig.* 3), mais ils existent encore, c'est la respiration thoracique supérieure qu'on inscrit.



Fig. 3. — Tracé de la respiration, coude loin du corps.

Application. — Les sourciers, pour découvrir les cours d'eau souterrains, ont les deux bras appliqués le long du corps; les mains, la paume en haut, tiennent la baguette qui est très élastique et toujours dans un état d'équi-

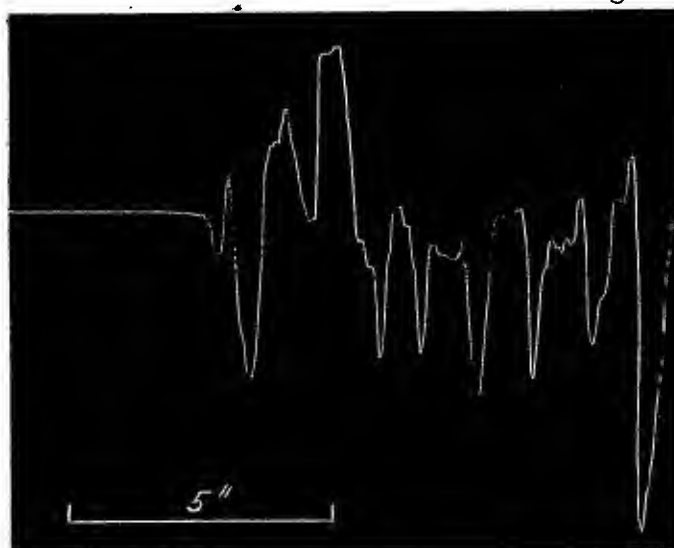


Fig. 4. — Mouvements volontaires de la main pour mettre le pendule en oscillation : ils sont du même ordre de grandeur que les mouvements inscrits figures 1 et 2.

libre absolument instable; la moindre modification dans le rythme respiratoire changera la position des mains et la baguette se mettra en mouvement.

Si l'expérimentateur emploie un pendule, le phénomène est aussi simple : il suffit, en effet, pour faire osciller le pendule, d'imprimer à la main des mouvements dont l'amplitude est du même ordre de grandeur (*fig.* 4) que ceux qui ont été inscrits figures 1 et 2.

Tous ces mouvements sont invisibles, ils n'ont pu être mis en évidence que par la méthode graphique.

Cette hypothèse semble confirmée par les faits suivants :

1° La baguette ne marche pas, ou marche mal, quand les coudes sont loin du corps, c'est-à-dire quand les membres supérieurs sont dans une position telle qu'ils ne peuvent transmettre à la main les mouvements des fausses côtes ;

2° Le pendule ne marche jamais quand la main est fixée ou simplement appuyée sur un support rigide ;

3° Les quatre sourciers que j'ai examinés ont le type de respiration diaphragmatique.

Conclusions. — Je pense, jusqu'à preuve du contraire, que chez les sourciers on se trouve en présence d'un phénomène analogue à ceux que les neurologistes rencontrent en clinique.

Il n'y a ni fluide spécial, ni rayons d'un nouveau genre : la baguette et le pendule divinatoires ne sont que des pneumographes.

Cette explication n'enlève, du reste, rien à l'utilité des sourciers ni à la réalité du phénomène.

Ces recherches ont été commencées, il y a 15 ans, au Laboratoire de Marey.

ZOOLOGIE. — *Relations entre la dépression et la formation de pseudoplanula tentaculaires chez le Scyphistome.* Note de M. **Edgard Hérouard**, présentée par M. Yves Delage.

On sait que le bourgeonnement normal chez le scyphistome se produit à l'aide de stolons situés au-dessus du disque pédieux, que ce phénomène a lieu principalement de juillet à octobre et qu'une nourriture abondante le favorise.

Des observations nouvelles m'ont montré que ces effets de la suralimentation ne se font sentir que pendant un temps déterminé, et qu'à cette

limite une fois atteinte, fait suite un phénomène nouveau consistant en la formation de pseudoplanula tentaculaires.

Si, en effet, on poursuit pendant la belle saison la suralimentation de scyphistomes de grande taille, vers la fin du mois d'août on constate que ceux-ci refusent toute nourriture, leur contractilité diminue, le corps devient flasque et l'on a toute l'apparence d'une mort prochaine. La suralimentation produit donc chez le scyphistome des effets analogues à ceux qui ont été signalés par Calkins chez les Protozoaires et par Hertwig et Frischholz chez l'Hydre et que ces auteurs ont désigné sous le nom de *dépression*.

Chez le scyphistome l'entrée en dépression est généralement suivie d'une chute des tentacules qui, observée superficiellement, pourrait être prise pour le commencement de la désagrégation de l'individu, mais qui en réalité correspond à un mode spécial de reproduction.

Un tentacule de scyphistome n'est pas simple comme on le décrit d'ordinaire, mais présente deux régions distinctes : une proximale, le *manche*, incomplètement rétractile, peu flexible et pourvue d'une musculature longitudinale, et une distale, le *fouet*, qui est érectile et rétractile à l'excès et qui ne présente de musculature d'aucune sorte. La musculature circulaire signalée par Friedmann dans cette région n'existe pas; ce qu'il indique comme fibres musculaires striées n'est autre chose qu'une algue filamenteuse qui vit souvent là en parasite. La rétractilité du fouet est telle que, quand le scyphistome est dans son état normal, ce fouet peut disparaître presque complètement, mais, quand le scyphistome est en état de dépression, il se ramasse à l'extrémité du manche en une masse sphérique qui donne au tentacule un aspect rhopaliforme, et cet état ne s'observe que quand l'animal est en dépression. Quand la dépression se produit, les échanges osmotiques entre les cellules du fouet et le milieu ambiant ne se font plus avec la même activité, par suite d'une diminution de la perméabilité des parois cellulaires, et le fouet ne se rétracte plus que lentement. C'est pendant cette rétraction, ou alors qu'elle est achevée, que se produit la libération des tentacules en vue de la formation des pseudoplanula tentaculaires qui nous intéressent. Cette libération tentaculaire peut se produire aux divers instants de la rétraction du fouet, et ces pseudoplanula libérées se présentent ainsi, soit sous forme cylindrique plus ou moins allongée, soit sous forme sphérique suivant qu'elles se sont détachées au cours de cette lente rétraction, ou alors qu'elle était achevée et que le tentacule était de ce fait devenu rhopaliforme.

Dans tous les cas, ces pseudoplanula libérées, qu'elles soient tubuleuses

ou sphériques, se déplacent dans l'eau ambiante à l'aide de leur mouvement ciliaire et ressemblent à s'y méprendre à des planula. Ces pseudoplanula sont d'autant plus allongées que leur libération a été plus précoce, mais quelle que soit leur forme primitive elles finissent toujours, grâce à une rétraction graduelle après leur libération, par prendre une forme sphérique, et c'est alors seulement que leur mouvement ciliaire cessant, elles tombent sur le sol, où elles se fixent, pour se transformer en petits scyphistomes. Un exemple, pris sur une forme moyenne, fera mieux comprendre la suite des transformations et la durée du phénomène.

Une pseudoplanula qui, au moment de sa libération, présentait encore une forme cylindrique mesurant 25 divisions du micromètre en longueur et 5 divisions en diamètre, se déplace en tournant dans l'eau durant 25 heures. Pendant ce temps, sa longueur diminue graduellement et finit par aboutir à une forme sphérique qui ne mesure plus que 5 divisions du micromètre en diamètre; ce qui correspond au $\frac{1}{7}$ de son volume primitif. A ce moment, cette pseudoplanula, devenue sphérique, tombe sur le sol et devient de plus en plus immobile; 6 heures plus tard tout mouvement cessant elle se fixe au sol et ne mesure plus alors que 4 divisions du micromètre en diamètre; elle est donc réduite au $\frac{1}{14}$ de son volume primitif. Elle reste ainsi quelques jours sans présenter de changements apparents, mais bientôt des boutons tentaculaires apparaissent à sa surface, une bouche se perce et le petit scyphistome qui prend ainsi naissance est déjà pourvu de 8 tentacules 15 jours après sa fixation.

La grande diminution de volume de la pseudoplanula qui se produit après sa libération montre bien que l'absence de rétraction du tentacule chez le scyphistome en dépression n'est pas due à une augmentation du nombre de molécules dans la substance du fouet, mais comme je l'ai dit plus haut à une diminution de la perméabilité des parois cellulaires.

La dépression est un métabolisme qui peut n'être que momentané et qui se présente à divers degrés. Si la dépression est faible, l'animal peut reprendre sa vitalité avant que la chute tentaculaire se soit produite et se remettre à donner des stolons de bases prolifiques. Mais il est à remarquer que dans ce cas ces stolons donnent souvent des bourgeons anormaux, soit qu'ils se séparent du producteur avant la formation des tentacules et de la bouche, soit qu'ils donnent des monstres doubles. Quand la dépression est plus prononcée, les pseudoplanula tentaculaires se produisent et la stolonisation n'a plus lieu. L'individu ainsi débarrassé de ses tentacules n'est pas voué à une mort fatale, mais en général il disparaît par désagrégation de ses éléments. Quand il n'en est pas ainsi, on voit le manche des tentacules rebourgeonner au fouet et l'animal revenir à la condition primitive.

ZOOLOGIE. — *Sur* Lamarckina caligusa ♀ *ng. n. s. et l'évolution des* Lernæidæ. Note de M. **A. Quidor**, présentée par M. Yves Delage.

Lamarckina caligusa fut recueilli à Djibouti par H. Coutière. Aucune indication n'est donnée sur son hôte. Mais celui-ci est certainement un poisson du littoral. Le parasite vit probablement dans le voisinage des branchies.

Lamarckina caligusa appartient à la famille des *Lernæidæ* par son mode de fixation profonde dans les tissus de l'hôte, par les phénomènes de flexion et de torsion qu'il présente et par la forme générale du corps.

A la région céphalothoracique, bouclier circulaire de 1^{mm} de diamètre, succède un cou grêle, long de 4^{mm}; il vient ensuite une région génito-abdominale sacciforme, longue de 2^{mm}, dont la région basale porte quatre appendices lamelleux, longs de 3^{mm} et deux ovisacs cylindriques, pouvant atteindre 4^{mm} et placés entre les appendices précédents.

Deux de ces appendices sont latéraux, les deux autres sont dorsaux. Ces derniers s'unissent par leur région basale, sur la ligne médiane.

Mais *Lamarckina caligusa* n'a pas moins d'affinités pour les *Caligidæ*.

Sa région céphalique, bien qu'enfoncée entièrement dans les tissus du poisson, présente, avec un développement normal, tous les appendices qui caractérisent les Caliges et leur permettent de se déplacer rapidement sur la surface de leur hôte et même de mener temporairement une vie indépendante. Lunules frontales, antennes antérieures avec soies et griffes, antennes postérieures à deux articles; siphon abritant deux mandibules dentelées; maxilles, pattes-mâchoires antérieures grêles, terminées par deux longs doigts; pattes-mâchoires postérieures puissantes et acérées, fourche sternale bien développée, première paire de pattes nageuses à une seule rame, avec griffes et soies terminales; seconde paire biramée portant de longues soies pennées, régions basales des troisième et quatrième paires unies pour former une lamelle médiane unique portant de chaque côté deux articles sur lesquels sont insérées des soies courtes sur le bord interne, atrophiées sur le bord externe. Enfin, cinquième paire de pattes à deux articles, le dernier ayant la forme d'une main, est terminé par cinq griffes aiguës et recourbées.

Le segment génito-abdominal lui-même, bien que profondément modifié par le parasitisme, se termine par une furca très nette, placée au point d'union des deux appendices lamelleux dorsaux et formé de deux lamelles aplaties, distinctes, donnant chacune insertion à cinq soies d'inégale longueur, les soies extrêmes étant les plus courtes.

En résumé, *Lamarckina caligusa* possède tous les appendices des Caliges

en même temps qu'il présente des caractères lernéens très nets. Il établit donc nettement le passage des *Caligidæ* aux *Lernæidæ :* l'évolution régressive des premiers conduisant aux seconds.

De plus, si le parasitisme a modifié profondément la région génito-abdominale, il ne laisse soupçonner par contre qu'une légère régression des troisième et quatrième paires de pattes thoraciques. Il est donc permis de penser que *Lamarckina caligusa* s'est adapté à son existence actuelle, à une époque relativement récente.

ENTOMOLOGIE. — *Sur la parthénogenèse et le déterminisme de la ponte chez la Teigne des Pommes de terre* (Phthorimæa operculella *Zell.*). Note de M. F. **Picard**, présentée par M. Marchal.

Les femelles de *Phthorimœa*, mises en présence de tubercules de Pommes de terre, commencent à pondre de 24 à 48 heures après avoir été accouplées. La ponte comprend de 40 à 80 œufs, qui sont émis en un, deux ou trois jours, suivant les cas.

Lorsqu'il s'agit de femelles vierges, il peut ne se produire aucune ponte, et alors la vie de l'insecte est beaucoup plus longue, pour une température donnée, que celle des femelles fécondes; mais, le plus généralement, il y a évacuation d'un très petit nombre d'œufs, dont la grande majorité ne se développe pas, et qui n'atteint jamais 40, chiffre minimum chez les femelles s'étant accouplées. Neuf fois seulement, sur plus de cent expériences, j'ai constaté de la parthénogenèse. Les quelques larves qui ont éclos (10 dans le cas le plus favorable) ont crû beaucoup plus lentement que celles issues d'œufs fécondés et avec une irrégularité très remarquable de développement. En juillet et août, date de ces essais, le cycle normal ne dure qu'un mois; celui de cette génération parthénogénésique dura de un mois et demi à trois mois pour des individus provenant de la même mère. Les neuf femelles qui donnèrent une descendance produisirent en tout 23 femelles et 21 mâles.

Nous n'avions pas d'exemple de parthénogenèse accidentelle chez les Tinéides, mais ce mode de reproduction n'est pas très rare chez les Bombycides et l'on peut rapprocher ces observations de celles qui furent faites par Weijenberg [1] sur *Lymantria dispar;* cet auteur constata que 60 femelles

[1] Weijenberg (H.), *Quelques observations de parthénogenèse chez les Lépidoptères* (*Arch. néerl. Sc. ex. et nat.*, t. V, 1870).

vierges ne pondirent pas plus d'œufs qu'une seule femelle fécondée et ne donnèrent que 50 chenilles et 27 papillons.

On voit aussi que l'acte de l'accouplement a pour effet, chez *Phthorimæa operculella*, non seulement de féconder les œufs, mais encore de provoquer la ponte et d'augmenter le nombre d'œufs émis par la femelle. Ces faits sont entièrement comparables à ceux qui ont été mis en lumière par Guyénot [1] pour un Diptère, *Drosophila ampelophila* Löw, chez lequel la ponte est provoquée par l'accouplement, tandis que les femelles vierges n'émettent leurs œufs que sous forme de décharge, avec un retard sensible, irrégulièrement et en petit nombre.

D'autre part, le déterminisme de la ponte apparaît comme fort complexe et ne dépend pas exclusivement de l'espèce végétale offerte aux femelles. La Teigne pond, il est vrai, sur les divers organes d'un grand nombre de Solanées, mais on peut lui faire déposer ses œufs sur des plantes d'autres familles, telles que le *Verbascum sinuatum* et le *Cynoglossum pictum*. Parmi les facteurs qui interviennent, l'un des principaux est l'état des surfaces sur lesquelles l'insecte se trouve; les œufs sont toujours placés dans des parties rugueuses, fossettes entourant les bourgeons des tubercules, craquelures accidentelles de l'écorce, dépressions le long des nervures des feuilles, etc. En revanche, les parties lisses de certains fruits, Tomate, Aubergine, Piment, ne reçoivent jamais d'œufs. La Linaire vulgaire, plante voisine des Solanées mais à feuilles lisses, ne convient pas à la ponte, au contraire du Cynoglosse, botaniquement plus éloigné, mais à feuilles rugueuses et velues.

Le dépôt de l'œuf est déterminé par une association de sensations résultant du contact de l'extrémité de l'abdomen avec une surface rugueuse. Le phénomène est fréquemment produit par l'attouchement de la mousseline qui ferme les bocaux d'élevage, et cette mousseline reçoit parfois tous les œufs lorsque le végétal est complètement lisse.

L'instinct alimentaire est sous la dépendance du même facteur et la jeune chenille venant d'éclore ne perce que les tissus dont la surface est inégale et sous l'influence d'une sensation de pression ou d'appui sur les côtés du corps. Elle se laisse périr de faim à l'extérieur des Piments, des Tomates et souvent des Aubergines, fruits à peau lisse qui conviennent cependant très bien à l'alimentation, comme j'ai pu m'en assurer en introduisant des chenilles à leur intérieur par une ouverture. Les tubercules de Pommes de terre sont toujours attaqués dans les dépressions entourant les bourgeons.

---

(1) Guyénot, *Études biologiques sur une Mouche*, Drosophila ampelophila *Löw*. — VII. *Le déterminisme de la ponte* (*C. rend. Soc. Biol.*, 1er mars 1913).

Il n'y a cependant pas corrélation complète entre l'instinct de ponte de l'adulte et l'instinct alimentaire de la larve; la flore de l'un n'est pas exactement superposable à celle de l'autre. Les *Verbascum* et *Cynoglossum* reçoivent la ponte, mais rebutent la chenille, tandis que j'ai pu nourrir celle-ci, quoique difficilement, avec des Pommes, sur lesquelles la femelle ne pond jamais.

Les manifestations psychiques du Papillon et de la chenille ne sont du reste pas nécessairement en rapport avec une utilité quelconque pour l'individu ou sa descendance. C'est ainsi que les œufs sont pondus sur les Pommes de terre cuites et que cette nourriture est avidement acceptée par les larves qui meurent toutes au bout de quelques jours.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le soufre et ses variations dans le traitement biologique des eaux d'égout.* Note de M. **Lucien Cavel**, transmise par M. A. Haller.

Il peut être intéressant de considérer, au point de vue des résultats de l'épuration, les différents états du soufre, et surtout ses variations dans le traitement biologique des eaux d'égout.

Je ne parlerai pas du soufre des sulfates, mais du soufre qu'on peut rencontrer, soit libre, soit combiné à la matière organique, et qu'on peut étudier avec commodité en l'entraînant par précipitation physique au moyen d'un corps convenablement choisi.

Comme il est juste de penser que le soufre qui entre dans la composition des albuminoïdes doit être libéré au fur et à mesure que ces matières sont désintégrées sous l'influence des actions microbiennes, aux divers stades de l'épuration biologique; et que la proportion de soufre ainsi éliminée est d'autant plus notable que le travail microbien est plus considérable; il s'ensuit que la disparition du soufre combiné marquera une disparition correspondante des albuminoïdes. Ceci permettra donc d'apprécier dans une certaine mesure le degré d'épuration obtenu, pour ce qui concerne du moins ce groupe de matières organiques; et l'on sait que les eaux d'égout renfermant des matières organiques d'origine animale, contiennent des protéines en quantité notable.

C'est en partant de cette idée que j'ai été conduit à suivre les variations de ce métalloïde dans l'épuration biologique des eaux, dans ses divers passages à travers les appareils en usage; en tenant compte du temps de séjour

du liquide dans chacun d'eux, afin que les résultats se rapportent au même filet d'eau analysé à différentes périodes.

L'eau d'égout est toujours trouble, et la turbidité n'est pas uniquement attribuable aux argiles, aux sables, aux vases, mais aussi aux matières organiques insolubles qui s'y trouvent en suspension. Un repos de quelques heures permet la sédimentation des matières les plus denses, mais ne clarifie nullement le liquide, qui reste toujours d'une opalescence plus ou moins considérable, qui persiste pendant des jours, et même après des filtrations successives.

Pour étudier commodément le soufre libre ou combiné, j'opère sur 1^l d'eau que je décante après un repos de 3 heures, afin d'éliminer les matières les plus denses, et je forme, au sein du liquide, un précipité d'hydrocarbonate de zinc, au moyen du chlorure de zinc et du carbonate de sodium en solutions convenablement choisies, qui entraîne avec lui toutes les matières en suspension.

Je le recueille sur un filtre, le sèche, en prenant pour ces manipulations les précautions d'usage; après quoi, je le triture et le mets à digérer dans du sulfure de carbone pur. Au bout de quelques instants on filtre, et le sulfure de carbone, évaporé dans une capsule, loin de toute flamme vive, laisse un dépôt de soufre. En en prélevant une petite quantité au bout d'un fil de platine, qu'on porte sous l'objectif d'un microscope Sliasnie par exemple (obj. 4, occ. 3), et en substituant à l'éclairage Abbé un condensateur plein pour avoir un fond noir, on obtient une belle préparation faisant apparaître la couleur et la forme des cristaux. En procédant ainsi sur une eau aérée, provenant de la pluie s'échappant des pulvérisateurs qui se trouvent sur les lits bactériens de Créteil-Mesly (1), j'ai obtenu jusqu'à 9^{mg} de soufre libre par litre.

Revenant maintenant au précipité dépouillé du soufre libre, puis lavé au benzène, je l'introduis dans un matras avec un peu d'eau distillée et de l'acide chlorhydrique qui détruit les sulfures. On les dose en recueillant l'acide sulfhydrique dans une solution ammoniacale d'azotate d'argent, en en balayant les dernières traces par un courant d'acide carbonique. Du poids de sulfure d'argent, on déduit le soufre des sulfures.

Enfin, en traitant le contenu du matras précédent par une lessive de soude pendant 6 heures au bain-marie à 80° C., on transforme le soufre restant, c'est-à-dire le soufre combiné, en sulfure de sodium, qu'un courant de chlore fait passer à l'état de sulfate, qu'on dose par le chlorure de baryum (2), après avoir étendu d'eau distillée, saturé, chassé le chlore en excès par l'ébullition et acidulé par l'acide chlorhydrique.

Dans ces conditions, je trouve :

---

(1) Usine départementale traitant les eaux provenant d'Ivry et de Vitry.

(2) On s'assure avant ces essais, par une opération à blanc, que les réactifs employés ne renferment pas de sulfates.

Soufre combiné avant passage en fosses septiques, en SO^4Ba.			104^{mg} par litre
»	après passage	»	97,2 »
»	après passage sur lits bactériens...........		22,4 »

soit, respectivement en soufre,

14,25^{mg}
13,32
3,07

et j'ai trouvé pour les lits bactériens, jusqu'à 62^{mg} de soufre exprimé en SO^4Ba, dans des conditions particulières il est vrai (puisqu'on venait de remettre en marche, après un assez long repos des lits bactériens, et sur une eau opalescente), mais qui montrent que les fluctuations du soufre sont sensibles et peuvent être utiles dans l'interprétation des qualités d'un effluent épuré.

Je pense donc que l'étude des variations du soufre, appliqué de cette façon au contrôle chimique des installations d'épuration d'eaux d'égout, donnera sur leur état de fonctionnement une indication précieuse, car, pour réaliser une bonne épuration, il faut nécessairement que la teneur en soufre combiné, de l'effluent général, tende vers zéro.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Fermentation alcoolique de l'acide lactique.* Note de M. **Mazé**, présentée par M. Roux.

J'ai énoncé le premier que la fermentation alcoolique des sucres est la résultante d'une série de dégradations progressives dont l'acide lactique est une des étapes essentielles ([1]).

Cette conception a subi depuis cette époque de nombreuses fluctuations, et l'on considère aujourd'hui que c'est plutôt l'acide pyruvique qui occupe la place que j'avais attribuée à l'acide lactique.

Les trioses seraient également des produits intermédiaires de la fermentation alcoolique des hexoses; mais jusqu'ici on n'a pas démontré, par l'expérience, que les trioses constituent un échelon dans la dégradation des hexoses.

Le dédoublement de l'acide lactique en alcool et gaz carbonique est une transformation qui dégage peu de chaleur, 3°,8 C., d'après Berthelot (*Chaleur animale*, Gauthier-Villars, Paris); le suc de levure ou la levure privée d'air peuvent peut-être l'amorcer, mais non le continuer. Pour l'observer, il est donc nécessaire de recourir

---

([1]) *Annales de l'Institut Pasteur*, t. XVI, mai et juin, 1902.

à des microbes capables de produire une transformation simultanée telle que la combustion partielle ou totale de l'acide lactique.

Ces microbes sont très nombreux; mais ils présentent l'inconvénient d'oxyder en même temps tout l'alcool dérivé de l'acide lactique. Malgré cela, j'ai réussi à en découvrir un qui forme régulièrement de petites quantités d'alcool, et qui présente en outre l'avantage appréciable de se développer dans les milieux minéraux.

Ce microbe est un bacille mobile; il se développe en voile à la surface des milieux minéraux additionnés d'acide lactique ou d'alcool. Il fait fermenter les sucres et les alcools polyatomiques et se rapproche par ses propriétés physiologiques du *B. ithacetosuccinicus* de P. Frankland (1).

Par la diversité de ses actions fermentatives, il m'a permis de suivre la formation des produits intermédiaires de la fermentation alcoolique; j'exposerai dans cette Note les résultats relatifs à la fermentation de l'acide lactique qui reste, à mon avis, la plus importante de toutes les phases de la transformation.

Le liquide que j'ai employé a la composition suivante :

Phosphate de potassium neutre à la phénolphtaléine	2,5
Sulfate de magnésium	1,0
Sulfate ferreux	0,1
Sulfate de zinc	0,02
Silicate de potassium......................................	0,02
Chlorure de manganèse....................................	0,02
Eau distillée	1000

L'azote est donné à l'état de lactate d'ammonium lorsque l'aliment carboné est l'acide lactique; en toute autre occurrence, c'est le chlorure d'ammonium qui convient le mieux. Les cultures ont porté sur 500^{cm^3} ou 1^l de solution, disposée en couche de 3^{cm} à 4^{cm} d'épaisseur.

Une première série de cultures faites en vue de la recherche de l'alcool a donné par litre les résultats suivants :

Durée (en jours)...........................	11	13	18	18
Lactate de calcium fourni par litre (en grammes).	10	5	10	5
Alcool trouvé par litre (en milligrammes).....	47,55	15,8	48,32	16

Il s'agit de montrer que l'alcool est oxydé dès qu'il se forme, et que l'acide acétique constitue le premier terme libre de cette oxydation, car l'aldéhyde ne se montre que dans les milieux riches en alcool. Les résultats

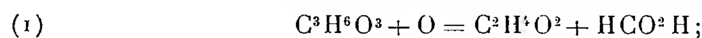
(1) P. Frankland et Frew, *Journ. of chem. Society*, 1892, p. 254.

d'une deuxième série de cultures vont me permettre de mettre ce fait en évidence.

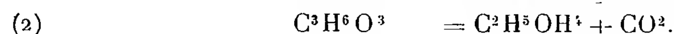
Numéros des cultures.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Lactate de calcium par litre (en grammes).	10	10	10	10	10	15	15	20
Durée des cultures (en jours)	8	12	16	26	26	20	24	32
Acide acétique par litre en (grammes)	0,931	1,298	2,161	1,538	0,972	1,68	1,695	2,246
Acide formique par litre (en grammes)	0,194	0,276	0,445	0,355	0,391	0,351	0,338	0,473
Alcool par litre (en milligrammes)	16,8	23,8	26,2	33,8	13,9	32,0	37,4	41,3
Acide lactique détruit (en grammes)	3,843	»	6,287	6,704	7,453	7,2662	9,35	»

L'acide lactique subit en grande partie la combustion totale; la fermentation se fait donc en milieu légèrement alcalin. Dans les milieux de faible épaisseur tout l'acide lactique disparaît, puis l'acide acétique; l'acide formique est le plus résistant, cela se passe dans les milieux sur lesquels on laisse le voile intact; dans la série précédente, le n° 5 seul a bénéficié de cette condition; tous les autres ont été agités tous les jours, afin d'atténuer la combustion.

L'examen de ces chiffres permet de conclure à l'évolution parallèle de deux processus de fermentation, intéressant directement l'acide lactique :



(1) $C^3H^6O^3 + O = C^2H^4O^2 + HCO^2H;$



(2) $C^3H^6O^3 = C^2H^5OH + CO^2.$

L'alcool est oxydé et transformé en acide acétique. Si l'équation (1) était en jeu, l'acide acétique et l'acide formique seraient dans le rapport $\frac{60}{46}$; il est voisin de 5; donc la plus grande partie de l'acide acétique provient de l'alcool.

La valeur du quotient respiratoire confirme cette déduction; il est égal à 0,83-0,86, dans les cultures de 48 heures: si on laisse la culture se poursuivre à l'abri de l'air, il augmente peu à peu et atteint 1,04 et 1,06; on trouve alors des traces d'hydrogène libre.

Une culture faite sur 200^{cm^3} de liquide à 1 pour 100 de lactate de calcium a donné les résultats suivants au bout de six jours, dans une atmosphère confinée de 3^l environ :

	cm³		mg
Oxygène initial	554	Acide acétique produit	146,9
Oxygène absorbé	361,93	Acide formique	44,6
CO^2 total formé	330,86	Acide lactique disparu	930,6
$\frac{CO^2}{O^2} = \frac{330,86}{361,93} = 0,91$		Alcool formé	2,8

Ces chiffres permettent de vérifier point par point les déductions précédentes et de constater l'existence d'un autre corps plus oxydé, en très petite quantité.

On peut réaliser des cultures tout aussi actives et aussi abondantes en remplaçant l'acide lactique par l'alcool comme aliment carboné. On ne trouve alors que de faibles quantités d'acide acétique et pas d'acide formique, ce qui vérifie l'origine de l'acide formique [équation (1)].

L'oxydation de l'acide lactique suivant l'équation (1) rend la formation de l'acide pyruvique vraisemblable, mais je n'en ai pas découvert. J'ai pensé que le *Mycoderma aceti* se prêterait mieux à une oxydation moins brutale de l'acide lactique ; mais le corps prédominant de la fermentation de l'acide lactique par le *Mycoderma aceti* est l'acétylméthylcarbinol. J'en ai confié l'étude à M. Lemoigne, qui s'est attaché précisément à élucider le mécanisme de cette fermentation.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Synthèse de galactosides d'alcools à l'aide de l'émulsine* (1) : *Méthylgalactoside* β *et Allylgalactoside* β. Note de MM. **Em. Bourquelot** et **M. Bridel**, présentée par M. Jungfleisch.

De ces deux galactosides le premier seul était connu. M. Em. Fischer l'a préparé, en 1895, en faisant agir l'acide chlorhydrique sur le galactose en solution dans l'alcool méthylique. On obtient ainsi un mélange des galactosides α et β qu'on sépare à l'aide de dissolvants appropriés.

L'émulsine des amandes ne donne que le galactoside qu'elle hydrolyse en solution aqueuse, c'est-à-dire le galactoside β. Toute la difficulté de l'opération réside dans l'élimination du galactose resté libre. Cette élimination se fait d'ailleurs par un procédé très simple, mais auquel nous n'avons songé qu'après de longs tâtonnements.

Méthylgalactoside β :

Préparation. — A 950$^{cm^3}$ d'une solution de galactose à 1 pour 100 dans de l'alcool méthylique à 85 pour 100 en poids, on a ajouté 2^g d'émulsine. Le mélange, abandonné à la température du laboratoire (+17° à +20°), était agité plusieurs fois par jour.

---

(1) Rappelons que, dans ces synthèses, le ferment actif n'est pas l'émulsine proprement dite, mais un autre ferment, la lactase, présent dans l'émulsine des amandes. Voir : Em. Bourquelot et H. Hérissey, *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 1552.

La rotation initiale était de $+1°20'$ [1]. Elle a baissé peu à peu jusqu'au vingtième jour. Elle était alors de $+1°4'$, et elle est restée telle, même après addition d'une nouvelle quantité d'émulsine, ce qui indique que la réaction avait atteint la limite qu'elle pouvait atteindre dans les conditions de l'expérience. Le méthylgalactoside β étant, comme l'a établi Fischer, inactif sur la lumière polarisée, il est facile de calculer la quantité de galactose qui a dû passer à l'état de méthylgalactoside; on trouve que cette quantité est de 20 pour 100 environ du galactose mis en œuvre, ce qui correspond à la formation de 2g environ de méthylgalactoside.

On a filtré le mélange, distillé le filtrat à sec sous pression réduite et obtenu un résidu composé de galactoside et de galactose. Ces deux composés étant insolubles dans l'éther acétique, et solubles dans les mêmes proportions dans d'autres dissolvants neutres, les essais de séparation à l'aide de dissolvants n'ont pas réussi. C'est alors que nous avons pensé à utiliser une propriété que possède la levure basse, et qui a été découverte par l'un de nous [2], de faire fermenter le galactose lorsque celui-ci est accompagné de glucose. On a donc dissous le résidu dans 200$^{cm^3}$ d'eau distillée, on a ajouté 2g de glucose et 4g de levure basse essorée; après quoi, on a abandonné le mélange à la température du laboratoire. La fermentation s'est faite régulièrement et a duré 8 jours. Il ne restait alors que le méthylgalactoside, lequel n'est pas attaqué par la levure. La rotation de la solution aqueuse avait passé de $+6°30'$ à $0°$ ($l = 2$).

On a filtré, porté à l'ébullition en présence de quelques décigrammes de carbonate de calcium, filtré de nouveau et évaporé le filtrat à sec sous pression réduite. Enfin le résidu a été repris par 50$^{cm^3}$ d'alcool absolu bouillant. Par refroidissement, le glucoside a cristallisé. On en a obtenu 1g,25 qu'on a purifié par une nouvelle cristallisation dans l'alcool absolu.

Propriétés du méthylgalactoside β. — Ce galactoside cristallise en fines aiguilles incolores; il fond nettement au bloc à $+178°$; il a une saveur très légèrement sucrée; il est soluble dans l'eau et l'alcool, insoluble dans l'éther acétique.

Il est sans action sur le plan de la lumière polarisée. L'essai a été fait avec une solution aqueuse à 4,0533 pour 100; on a trouvé : $\alpha = \pm 0$. Il ne réduit pas la liqueur cuivrique. C'était donc bien le méthylgalactoside décrit par Em. Fischer.

En solution aqueuse, il est assez lentement hydrolysé par l'émulsine des amandes. A 20$^{cm^3}$ d'une solution à 0g,8106 pour 100, on a ajouté 0g,05 d'émulsine. En 2 jours, la rotation ($l = 2$), nulle au début, est devenue $+46'$,

(1) Le pouvoir rotatoire du galactose, qui est de $+80°$ environ dans l'eau, est plus faible dans l'alcool méthylique. Ainsi, dans l'alcool méthylique à 85c, on a trouvé $\alpha_D = +65°,95$.

(2) Em. Bourquelot, *Sur la fermentation alcoolique du galactose* (*Journ. de Pharm. et de Chim.*, 5e série, t. XVIII, 1888, p. 337).

et le liquide renfermait $0^g,511$ de sucre réducteur calculé en galactose. Si l'hydrolyse avait été totale, on aurait trouvé une rotation de $+1°12'$ et $0^g,7521$ de galactose.

Allylgalactoside β :

Préparation. — A 300^{cm^3} d'une solution de galactose à 1 pour 100 dans de l'alcool allylique à 85 pour 100 en poids, on a ajouté 2^g d'émulsine, puis on a abandonné le mélange à la température de laboratoire (+17° à +21°). La rotation initiale ($l=2$) était de $+1°28'$; elle a baissé lentement, comme l'indiquent les chiffres ci-dessous jusqu'au 70ᵉ jour :

Durée.	Rotation ($l = 2$).
	° ′
10 jours	+1 10
23 »	+ 52
40 »	+ 40
53 »	+ 26
70 »	+ 18

La réaction s'est donc poursuivie pendant plus de 2 mois.

Après avoir éliminé l'alcool par distillation, on s'est débarrassé du galactose en excès en opérant comme pour le méthylgalactoside, puis on a filtré et distillé à sec sous pression réduite. Le résidu, épuisé par 30^{cm^3} d'acétone anhydre bouillant, a donné une solution qui, additionnée d'éther ordinaire après refroidissement, a laissé déposer le galactoside cristallisé. Après dessiccation, il pesait $1^g,25$.

Propriétés de l'allylgalactoside β. — Ce glucoside se présente sous forme de fines aiguilles incolores réunies en houppes. Sa saveur est fade, légèrement amère. Son pouvoir rotatoire, en solution aqueuse, pour une concentration de 2,7426 pour 100, a été trouvé égal à $-12°,5$.

Il ne réduit pas la liqueur cupro-potassique. En solution aqueuse, il est lentement hydrolysé par l'émulsine des amandes; en même temps se dégage l'odeur caractéristique de l'alcool allylique.

A 15^{cm^3} de la solution ci-dessus, on a ajouté $0^g,10$ d'émulsine. En 48 heures la rotation a passé de $-40'$ à $+2°56'$, et il s'est formé $1^g,908$ de galactose pour 100^{cm^3}.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Étude sur les injections de sels de radium.* Note de M. **Henri Dominici**, Mme **Simone Laborde** et M. **Albert Laborde**, présentée par M. Ch. Moureu.

Des travaux antérieurs (1) ont démontré que les sels de radium insolubles injectés persistent dans l'organisme des animaux.

Dans ce travail, nous avons voulu comparer la façon dont se répartissent respectivement dans l'organisme les sels solubles et insolubles lorsqu'ils sont injectés dans le tissu musculaire ou dans le système veineux.

Vingt et un lapins ont été injectés avec un sel de radium soluble ou insoluble (2) équivalant à $0^{mg},02$, $0^{mg},04$, $0^{mg},06$ de bromure de radium cristallisé $RaBr^2, 2H^2O$.

Les animaux ont été tués après un temps variant de 5 à 165 jours. Les organes ont été incinérés dans des capsules inactives. Nous avons pesé les cendres et mesuré leur radioactivité par la méthode du quartz piézo-électrique de Curie, l'oxyde noir d'uranium U^2O^5 étant pris comme unité de radioactivité.

Sels insolubles. — Nos expériences confirment et précisent ce qui a été trouvé antérieurement par les différents auteurs : le sulfate de radium injecté dans l'organisme y séjourne un temps prolongé.

Injecté dans le système veineux, il se répartit entre les différents viscères comme au hasard de la distribution vasculaire. Au bout de 25 jours, il subsiste encore 50 pour 100 de la dose injectée (n° 4), au bout de 90 jours il peut n'en rester que 10 à 5 pour 100 environ (n° 5).

Injecté dans les muscles, le sulfate de radium persiste en grande quantité au point d'injection, au détriment du corps (3) et des organes qui sont de ce fait moins actifs que si l'injection avait été faite dans la veine. Il s'élimine très lentement, et au bout de 131 jours (n° 9) il peut encore rester 50 pour 100 de la quantité injectée.

---

(1) Dominici et Faure-Beaulieu, *Comptes rendus*, mai 1908. — Dominici, *Presse médicale*, n° 22, 16 mars 1912. — Dominici, Petit, Jaboin, *Comptes rendus*, mars 1910.

(2) Nous avons insolubilisé le radium au moment même de l'injection, en mélangeant dans la seringue la solution du bromure de radium et une solution de sulfate de soude à 10^g par litre.

(3) Nous désignons par *corps* l'ensemble de l'animal, tous les viscères étant enlevés.

Sels solubles. — Le fait essentiel qui se dégage de nos expériences est l'arrêt également prolongé du bromure de radium dans le corps des animaux. Ce sel paraît, toutefois, s'éliminer un peu plus vite que le sulfate. Au bout de 137 jours (nº 22) il peut rester 25 pour 100 de la quantité employée.

Tableau des radioactivités.

		Sels insolubles. Intraveineux.					*Sels solubles.* Intraveineux.					
	Numéros des lapins	1.	2.	3.	4.	5.	11.	12.	13.	14.	15.	16.
Sel de radium.	Durée du séjour, en jours.	5	6	6	25	90	6	6	6	17	27	90
	Quantité injectée, en milligrammes	0,02	0,02	0,04	0,06	0,04	0,06	0,02	0,04	0,02	0,06	0,02
	Quantité retrouvée (1), en milligrammes	0,01	0,009	0,012	0,036	0,002	0,03	0,0076	0,012	0,0085	0,025	0,0026
Radioactivité des organes (oxyde d'uranium = 1).	Corps	0,42	0,24	0,35	1,56	0,04	1,2	0,20	0,45	0,24	1,7	»
	Foie	5,8	»		13,6	0,18	0,11	0,04		0	»	0
	Poumon	0,64	1,72		9,28	0,11	0	0,61		0	0	0
	Rein	0,21	»		2,6	0,72	0,31	0	0,04		0	0
	Rate	»	35	1,97	11,7	»	0	0		0	0	0
	Estomac, intestin	0,34	»		»	»	0,30	»		0,06	»	»
	Cerveau	0,07	»		»	»	0	»		0	»	»
	Moelle des os	1,4	»	»	»	»	1,2	2,6	»	2,2	»	»
	Tissu osseux	0,39	»	»	»	»	1,6	0,55	»	0,52	»	»
	Muscles	0	»	»	»	»	0	»	»	0	»	»
	Peau	»	»	0	»	»	»	»	0	»	»	»

		Intramusculaire.					Intramusculaire.					
	Numéros des lapins	6.	7.	8.	9.	10.	17.	18.	19.	20.	21.	22.
Sel de radium.	Durée du séjour, en jours.	6	6	90	131	165	5	5	6		90	137
	Quantité injectée, en milligrammes	0,02	0,02	0,04	0,06	0,02	0,01	0,02	0,02	»	0,02	0,06
	Quantité retrouvée (1), en milligrammes	0,01	0,011	0,009	0,035	0,004	0,01	0,0064	0,01	»	0,0026	0,015
Radioactivité des organes (oxyde d'uranium = 1).	Corps	0,06	0,05	0,22	0,40	0,06	0,40	0,41	0,33	»	0,10	0,51
	Patte	1,99	2,57	2,79	9	1,09	0,24	0,17	0,51	»	0,15	0,54
	Foie	0	0,01	0,001	3,4	0,07	0	0	0	»	0	0,01
	Poumon	0	0	0	0,26	0	0	0	0	»	0	0,02
	Rein	0,11	0,06	0	0,16	0,007	0,05	0,16	0,55	»	0	0,05
	Rate	0	0	0,71	3,3	0,001	0	0	0	»	0	0
	Estomac, intestin	»	0	»	0,05	0,007	0,12	0,17	0,03	»	»	0,03
	Cerveau	»	3	»	»	»	»	»	0,007	»	»	0,02
	Moelle des os	»	»	»	»	»	0,01	0	»	»	»	»
	Tissu osseux	0,12	0,02	0,26	»	»	0,32	0,37	0,60	»	»	0,95

(1) La quantité de radium retrouvée dans les cendres n'a pas été, dans tous les cas, directement dosée : nous l'avons calculée d'après *le produit de radioactivité* (Mme Curie, *Traité de Radioactivité*, t. I, p. 146), dont nous avons une fois pour toutes déterminé l'équivalent en bromure de radium. (Produit de radioactivité = poids de cendres × radioactivité des cendres.)

Injecté dans le système veineux ou dans les muscles, le bromure de radium diffuse de la même manière dans l'organisme. Parmi les viscères, seuls les reins et le tube digestif le fixent en partie (¹), ce qui semble indiquer que le produit s'élimine par ces organes.

Le squelette retient en quantité appréciable le radium injecté à l'état de bromure (nos 11, 12, 14, 17, 18, 19, 22). Ce fait suggère un rapprochement entre l'affinité du tissu osseux pour ce métal et celle qu'il possède à l'égard du calcium et du strontium, métaux alcalino-terreux.

GÉOLOGIE. — *Sur la succession des étages carbonifères et permiens en Indo-Chine.* Note (²) de M. **Jacques Deprat**, présentée par M. H. Douvillé.

J'ai décrit précédemment (³) la succession des niveaux de Fusulinidés dans les dépôts carbonifériens et permiens de la Chine méridionale. De nombreux matériaux nouveaux me permettent de comparer cette série avec celle de l'Indo-Chine où j'ai retrouvé la plupart des horizons que j'avais signalés au Yun-nan, avec les mêmes espèces, et en plus, d'autres que je n'avais pas observées en Chine, ainsi que les deux genres nouveaux, *Palæofusulina* et *Neofusulinella* (⁴); c'est ce que résume le Tableau suivant (⁵):

Permien supérieur.

Yun-nan.	Indo-Chine.
Grès, schistes, marnes gypsosalifères (Yunnan, Sseu-tchoan).	Schistes et grauwackes du Laos.
Poudingues du Tié-tchen-ho.	
Calcaires à *Neosch. multiseptata* Deprat.	Calcaire siliceux à *N. multiseptata* Deprat (Cambodge).

(¹) Ce fait est en bon accord avec un travail récent de MM. Smith et Wilson (*Guys Hospital Reports*, t. LXV, p. 131).

(²) Présentée dans la séance du 31 mars 1913.

(³) J. Deprat, *Étude géologique du Yun-nan* (*Géologie générale*, t. I des *Mémoires du Service géologique de l'Indo-Chine,* fasc. 1) et *Étude des Fusulinidés de Chine et d'Indo-Chine* (*Ibid.*, fasc. 3).

(⁴) J. Deprat, *Sur deux genres nouveaux de Fusulinidés de l'Asie orientale intéressants au point de vue phylogénique* (*Comptes rendus*, t. 154, 3 juin 1912, p. 1548).

(⁵) Les espèces nouvelles seront décrites et figurées dans un Mémoire actuellement à l'impression.

Permien supérieur (suite).

Yun-nan.	Indo-Chine.
Manque.	Calcaires à *Fusulina* sp., *Neosch. Annæ* Volz, *N. globosa* Yabe, *Dol. lepida* Schw., *pseudolepida* Dep., *Schw. Douvillei* Dep. (Pong-oua, Laos).
Calcaire à *F. exilis* Schwag., *F. Margheritii* Dep., *F. granum-avenæ* Roem., *N.* (*Sum.*) *Annæ* Voltz, *N. globosa* Yabe, *Dol. lepida* Schw. *pseudolepida* Dep., *Schw. Douvillei* Dep.	Calcaire à *F. exilis* Schw., *F. Margheritti* Dep., *F. granum-avenæ* Roem., *N.* (*Sum.*) *Annæ* Volz, *N. globosa* Yabe, *Dol. lepida* Schw., *pseudolepida* Dep., *Schw.* *Douvillei* Dep. (Pong-oua, Cammon, Luang-Prabang, Cambodge) et à *Productus gratiosus* (Cammon).
Manque.	Calcaire à *Fusulina* sp. du Cammon.

Permien moyen et inférieur.

Manque.	Calcaire à *Schw. Verbeeki* Gein, *Dol. lepida* Schw. (Lang-nac, Tonkin).
Calcaire à *S. Verbeeki* Gein., *Dol. lepida* Schw., *F. Mansuyi* Dep., *F. Richthofeni* Schw., *F. Lantenoisi* Dep.	Calcaire à *Schw. Verbeeki* Gein., *Dol. lepida* Schw., *F. Mansuyi* Dep., *F. Richthofeni* Schw., *F. Lantenoisi* Dep. (Cammon).
Manque.	Calcaire à *Fusulina* sp., *Doliolina* sp., *S. Verbeeki* Gein.
Calcaire à *F. Richthofeni* Schw.	Calcaire à *F. Richthofeni* Schw., *Doliolina* sp., *Neofusulinella* sp.
Puissant horizon calcaire à *Productus*.	Puissant horizon calcaire à *Productus*.

Ouralien.

Calcaires à *Neoschw. craticulifera* Schw., *grandis* Dep., *N. multicircumvoluta* Dep , *S. Verbeeki* Gein.	Calcaires à *N. craticulifera* Schw., *grandis* Dep., *S. Verbeeki* Gein. (rare).
Calcaire à *N. craticulifera* Schw. (forme type) et var. *tenuis* Dep.	Calcaire à *N. craticulifera* Schw. (forme type) et var. *tenuis* Dep.

Ouralien (suite).

Yun-nan.	Indo-Chine.
Horizon à *Schw. princeps* Ehrb., *S. fusulinoides* Schellw., *Fus. alpina* Schellw.	Puissant horizon à Brachiopodes, Mollusques, et *Schw. princeps* Ehrb. (Cammon et Tonkin). Horizon calcaire à *F. alpina* Schellw., *S. princeps* Ehrb. (Tonkin, Laos, Annam). Horizon calcaire à *Fusulina* sp. (Laos, Annam).
Calcaire à *Fus. incisa* Schellw.	Calcaire à *F. incisa* Schellw.
Calcaire à *Dol. Aliciæ* Dep., *F. globosa* Dep., *F. complicata* Schellw., *F. multiseptata* Schellw., *F. tenuissima* Schellw.	Calcaire à *F. globosa* Dep., *F. complicata* Schellw., *F. multiseptata* Schellw., *F. tenuissima* Schellw., *Sch. princeps* Ehrb. (rare). Horizon à *F. multiseptata* Schellw.
Calcaire à *Dol. Claudiæ* Dep.	Calcaire à *Dol. Claudiæ* Dep. (Cammon).
Calcaire à *F. Kattaensis* Schw.	Manque.
Calcaire à *F. tchengkiangensis* Dep. et *F. regularis* Schellw. Calcaire à *F. brevicula* Schw., *F. regularis* Schellw., *F. Dussaulti* Dep.	Paraît manquer.

Moscovien.

Yun-nan.	Indo-Chine.
Calcaires à Gastropodes de Lo-a-tien et Chouéi-tang. Couches de charbon.	Calcaires à *Neofusulinella* sp. du Cammon.
Calcaire à *Sp. mosquensis* Fisch., *F. regularis* Schellw., *Schw. prisca* Dep. Étage des grès avec intercalations calcaires à *Schw. prisca* Dep., *Endothyra*, Fusulinelles, etc.	Calcaires du Cammon à *Neofusulinella* sp., et à Fusulinelles.

Dinantien.

Yun-nan.	Indo-Chine.
Série des schistes de Hoa-keuou, Hoang-i-tseu, Tien-sen-kouang et calcaires de Tou-mou-nyi à *Martinia glabra.*	Calcaires viséens de la Montàgne de l'Éléphant et calcaires de Lang-nac à *Palæofusulina* sp. Schistes à *Phillipsia* de Baiduc (Annam) et du Laos.

Mon ami et collaborateur, M. Mansuy, se charge de la description de la faune ouralienne des couches à *Schw. princeps* Ehrb., dont les éléments ont été réunis par le commandant Dussault au Cammon et par moi au Tonkin (Muongthé). J'ai recueilli dans cette localité une faune rappelant de très près celle de l'Oural et beaucoup moins les faunes ouraliennes du Salt-Range et de l'Himalaya. Il en est de même pour les Fusulinidés, comme en témoignent les couches à *Fusulina multiseptata* Schellw. des Alpes carniques. Le seul horizon à Fusulinidés de l'Inde, celui à *F. Kattaensis* Schw., est bien représenté au Yun-nan, mais cette équivalence avec les couches d'Amb et de Katta est la seule importante, et tous les rapports sont avec l'Asie occidentale et la faune ouralienne russe. Il semble que de la Russie à l'Indo-Chine, par la Tethys septentrionale, il y ait continuité entre les faunes. C'est dans la Chine méridionale et l'Indo-Chine que la faune rhizopodique atteint probablement son plus beau développement mondial, puisque je n'y connais pas moins de 54 espèces de Fusulinidés à l'heure actuelle.

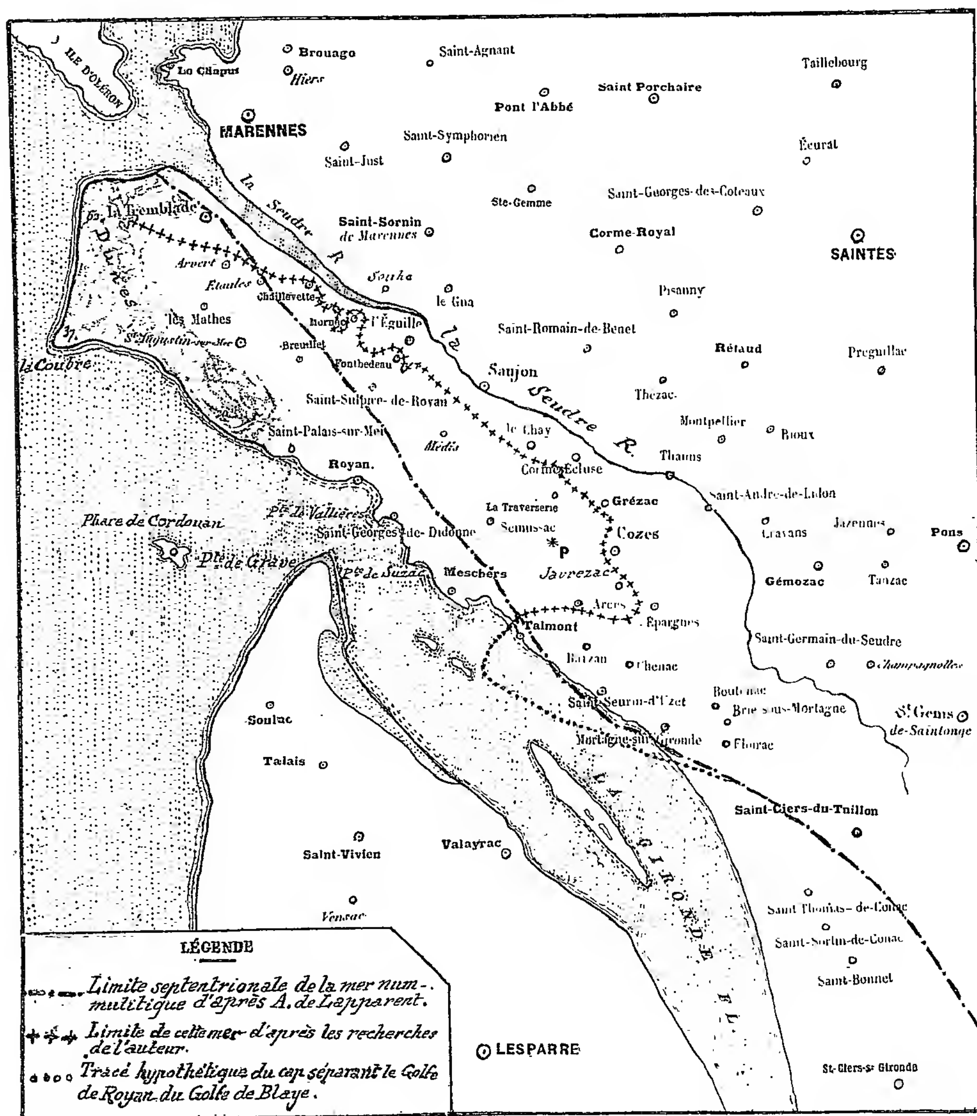
GÉOLOGIE. — *Recherches relatives à l'extension de la mer nummulitique sur la rive droite de la Gironde*. Note de M. **Edmond Bordage**, présentée par H. Douvillé.

Lorsqu'on examine la feuille de Saintes au $\frac{1}{80000}$, récemment publiée par le Service de la Carte géologique de France, on constate que, sur la rive droite de la Gironde, le Nummulitique n'est représenté qu'en trois points. Deux de ces points sont situés près de Saint-Palais-sur-Mer (le Bureau et Terre-Nègre), le troisième près de Meschers (la Conche-des-Nonnes). Au point où, entre Talmont-sur-Gironde et Meschers, la ligne des falaises crétacées [1] présente une solution de continuité qui correspond à l'anse de Meschers, il n'existe pas la moindre trace d'un prétendu lambeau éocène figuré tout d'abord par W. Manès sur la carte qui accompagne sa

---

(1) Aux personnes peu familiarisées avec l'étude de la Géologie, il sera désormais possible de consulter la feuille de Saintes, ce qui évitera des confusions relativement à l'étage auquel appartiennent ces falaises « classiques » de la rive saintongeaise de l'estuaire girondin. Il y a quelques années, M. Guérin-Ganivet les rattachait au Jurassique (étage kimeridgien) dans son travail intitulé : *Notes préliminaires sur les gisements de mollusques comestibles des côtes de France : l'estuaire de la Gironde* (*Bulletin de l'Institut océanographique*, Monaco, 1909).

Description physique, géologique et minéralogique de la Charente-Inférieure, et reproduit ensuite, d'après ce même auteur, par MM. Vasseur et Carez, sur leur Carte géologique de France au $\frac{1}{500\,000}$.



A la place de ce prétendu lambeau tertiaire, auquel Manès a donné la forme d'un triangle dont la base, concave, se confondrait avec la ligne de contour de l'anse de Meschers, tandis que le sommet s'avancerait sur le Crétacé jusqu'à une distance d'environ 3^{km} dans l'intérieur des terres, je

n'ai trouvé que des alluvions récentes constituées par une argile un peu sableuse, bleu foncé à l'état humide, et désignée en Saintonge sous le nom de *terre de bri*.

Mais, si les lambeaux éocènes du Bureau, de Terre-Nègre et de la Conche des-Nonnes représentent les seuls dépôts de cet âge qui soient demeurés en place, il existe néanmoins des preuves très nettes que le Nummulitique a eu autrefois, dans cette région, une extension bien plus grande, jusqu'au moment où s'est produit le démantèlement de ses assises, accompagné de décalcification et de silicification. C'est M. H. Douvillé qui, en 1901, a le premier signalé le fait, après avoir constaté des traces bien nettes des phénomènes en question sous forme de silex, de grès siliceux et de poudingues épars sur la rive droite de la Gironde, de Saint-Palais-sur-Mer à Royan et à Meschers. Ces débris, provenant d'assises yprésiennes, lutétiennes, auversiennes et bartoniennes détruites, offrent des dimensions très variables. Quelques-uns atteignent à peine la grosseur du poing, tandis que d'autres forment des blocs énormes. Tout concourt à démontrer qu'ils n'ont pas été transportés. Ils n'ont guère subi qu'un déplacement vertical à la suite des actions de décalcification qui les ont isolés.

Les silex, grès siliceux et poudingues que signala M. Douvillé, reposaient de façon constante sur le Dordonien ou Maëstrichtien; de plus, l'éminent géologue ne les avait rencontrés qu'au voisinage immédiat du rivage de l'estuaire. Il était alors intéressant de savoir s'ils ne s'avançaient pas quelque peu dans les terres, au Nord et à l'Est. Il m'a été permis de résoudre cette question au cours d'excursions effectuées surtout au moment où je collaborais à la feuille de Saintes. Le tracé accompagnant cette Note indique les limites de la zone où j'ai pu recueillir des échantillons de ces diverses roches éocènes fragmentées, en constatant qu'elles reposaient non seulement sur le Dordonien, mais encore sur le Campanien et sur le Santonien. On les rencontre depuis les dunes, sous lesquelles elles disparaissent à l'Ouest vers la Tremblade, les Mathes et Saint-Palais-sur-Mer, jusqu'aux environs immédiats de Cozes et d'Épargnes, à l'Est; c'est-à-dire sur une bande offrant de 35^{km} à 40^{km} de longueur et jusqu'à 10^{km} de largeur. Si on la suppose augmentée de l'espace actuellement occupé par les dunes au-dessous du point qui porte la cote 62, cette bande semble correspondre sensiblement, comme étendue et comme contours, au golfe éocène de Royan à l'époque où il présentait son plus grand développement.

J'ai cherché en vain des fragments silicifiés de roches nummulitiques dans la région comprenant Talmont-sur-Gironde, Barzan, Chenac, Saint-

Seurin-d'Uzet, Boutenac et Mortagne-sur-Gironde. Il est donc très probable que cette région, demeurée à sec, formait une sorte de cap séparant les golfes éocènes de Royan et de Blaye. Si nous connaissons approximativement la largeur de base de ce cap, nous ne savons rien en ce qui a trait à sa longueur et à sa direction exacte. Il semble probable, toutefois, qu'il ne s'avançait pas jusqu'à la ligne représentée actuellement par la rive gauche de la Gironde.

Mon tracé indique, pour le golfe de Royan, la limite la plus septentrionale de la mer nummulitique lors de la plus grande extension de cette dernière, c'est-à-dire vers la fin de l'Auversien et pendant le Bartonien. Il est intéressant de le comparer avec le tracé donné, en 1906, par A. de Lapparent. L'éminent géologue pensait, et c'était alors l'opinion courante, que l'invasion de la mer nummulitique avait atteint son maximum pendant le Lutétien et que le recul des eaux s'était produit ensuite, de telle sorte qu'à l'époque bartonienne, le golfe de Royan aurait été complètement à sec.

En ce qui concerne le tracé de ce qui constitue, sur ma carte, ce qu'on pourrait appeler l'*amorce* du golfe de Blaye, c'est-à-dire la région située immédiatement à l'est du cap, je ne possède point de données précises et j'ai dû me borner à reproduire le tracé donné par A. de Lapparent en 1906. Mais, comme M. Welsch a commencé l'étude de cette partie et a signalé un important gisement yprésien entre Saint-Sorlin-de-Conac et Saint-Bonnet (Charente-Inférieure), il y a tout lieu d'espérer que le savant professeur de l'Université de Poitiers continuera des recherches qui permettraient de déterminer approximativement les limites du golfe éocène de Blaye dans la région la plus rapprochée du golfe de Royan.

GÉOLOGIE. — *Sur la genèse des minerais de fer sédimentaires*. Note de M. A. **Leclère**, présentée par M. Pierre Termier.

La genèse des minerais de fer sédimentaires présente un intérêt particulier, en raison de l'importance des recherches minières dont ces minerais sont l'objet dans l'ouest de la France. Leur dépôt paraît devoir être attribué à la vie organique, d'après les explications qui vont suivre.

Dans les bassins tranquilles alimentés par un courant régulier, comme ceux qui servent à l'épuration des eaux, se développent des algues qui décomposent l'acide carbonique pour fixer le carbone dans leurs tissus. Même dans les eaux modérément calcaires, le premier effet de cette réaction

biologique est la formation, déjà signalée par M. Marchadier, de petits cristaux de calcite isolés. Le calcaire amorphe s'accumule ensuite dans les végétaux au point d'entraîner la mort des filaments et leur chute au fond des réservoirs. Si le sédiment ainsi constitué était soumis à la fossilisation, le carbonate de chaux, amorphe rendu libre par autolyse de la matière organique, donnerait naissance à un calcaire oolithique, en se concrétionnant autour des centres d'attraction constitués par les petits cristaux isolés de calcite.

Or la vie algaire s'établit aussi très activement et persiste même à des températures relativement élevées, dans les eaux où la lixiviation de surfaces occupées par la végétation terrestre amène du protoxyde de fer en dissolution organique. Ce phénomène, qui se produit encore de nos jours, devait se réaliser dans les périodes géologiques antérieures, peut-être même avec une intensité plus grande qu'aujourd'hui.

Lorsque l'action végétale s'exerçait sur des terrains pauvres en chaux, tels, par exemple, que le Précambrien de la région armoricaine, le ruissellement ne pouvait amener que des eaux très peu calcaires, et principalement ferrugineuses. Dans ces conditions, après avoir pu tout d'abord déterminer la formation de petits cristaux de calcite, la vie algaire a dû ensuite continuer par des espèces analogues aux Crénothrix. Mais, tout en fixant le carbone dans leurs tissus, ces algues retiennent aussi l'oxygène, en s'incrustant de sesquioxyde de fer, jusqu'au moment où elles se sédimentent comme les algues calcifiées. Par la fossilisation, la masse ferrifère peut prendre une structure plus ou moins oolithique, autour de noyaux de calcite plus ou moins abondants, en même temps que le fer repasse plus ou moins complètement à l'état de carbonate, aux dépens de la matière organique.

En appliquant ces considérations à l'état actuel des minerais sédimentaires, on conçoit que les filaments algaires aient généralement disparu, sauf dans le cas où ils pouvaient être tout à fait surabondants. En fait, on les retrouve parfois en assez grande quantité, notamment dans certains minerais terreux de Bretagne, d'âge gothlandien ou dévonien.

Ce qui se retrouve toujours, sauf dans les gisements ultérieurement métamorphisés, c'est l'assortiment complexe de débris, siliceux ou silicifiés, des organismes inférieurs qui vivaient dans les bassins de dépôt, et dont l'ensemble donne au minerai des teneurs en silice localement variables, même en l'absence d'apports détritiques. Ces débris se rencontrent, non seulement dans les minerais, mais encore dans les lits pulvérulents qui accompagnent les strates adjacentes aux couches ferrifères.

On les isole facilement en attaquant la matière en fragments par l'acide chlorhydrique et en soumettant le résidu à une lévigation méthodique, avant de l'examiner au microscope. Les produits de la lévigation renferment principalement des bactéries silicifiées, des diatomées, des débris de spongiaires, d'échinides, et probablement de crustacés microscopiques. Comme les assortiments paraissent différer notablement suivant les gisements, leur étude peut offrir à la paléontologie microscopique un champ intéressant qui permettra peut-être d'établir des subdivisions jusque dans les sédiments précambriens.

La sédimentation algaire en eau tranquille rend compte de l'allure des couches et de leur structure rubanée, remarquablement analogues à celles des schistes bitumineux.

Quant à la rareté initiale du carbonate de chaux dans les gisements cambriens et ordoviciens de Bretagne, elle est établie par le fait que les galets de minerai ancien qu'on rencontre, avec leur structure rubanée, inclus en profondeur dans les schistes gothlandiens, ne contiennent pas davantage de chaux que les affleurements actuels des couches anciennes en place. Quand ces couches anciennes ont été atteintes par le métamorphisme, elles n'ont pas donné naissance à une proportion notable de minéraux calcifères, tels que les grenats. En général, la proportion de chaux, qui est représentée par 0,5 pour 100 dans les minerais ordoviciens de Bretagne, s'accroît progressivement quand l'horizon géologique s'élève. Elle atteint déjà 3,5 pour 100 dans les minerais du Dévonien inférieur dont le métamorphisme commence à donner naissance à des grenats, si abondants auprès des couches dévoniennes, plus élevées, de Diélette.

La dissémination des dépôts dans l'échelle géologique et leur répétition s'expliquent de même et sont tellement caractérisées dans certaines régions, qu'au nord-ouest de la Sarthe on a exploité des strates géologiquement étagées dans les horizons les plus divers, depuis le Cambrien jusqu'au Cénomanien.

Les recherches minières permettront seules de préciser la configuration des bassins de dépôt. Il résulte cependant, de ce qui précède, que la répartition des gisements est, dans une certaine mesure, liée à la configuration des régions successivement émergées. C'est ce qui explique la multiplicité des affleurements dans la péninsule armoricaine.

M. **Gandillot** adresse une Note *Sur la sécurité en aéroplane* (*virages*).

(Renvoi à la Commission d'Aéronautique.)

A 4 heures et demie, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place d'Académicien libre, vacante par suite du décès de M. *Teisserenc de Bort*, présente, par l'organe de M. F. Guyon, Président de l'Académie, la liste suivante :

En première ligne	M.	**Landouzy**
En deuxième ligne, par ordre alphabétique.	MM.	**Blondel**
		Arnaud de Gramont
En troisième ligne, par ordre alphabétique.	MM.	**Désiré André**
		Paul Janet
		Maurice d'Ocagne

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 5 heures et demie.

Ph. v. T.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 AVRIL 1913.

PRÉSIDENCE DE M. F. GUYON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Application de la théorie des équations intégrales à certains problèmes de la théorie analytique de la chaleur, dans l'hypothèse d'un saut brusque de température à la surface de séparation des corps en contact.* Note de M. **Émile Picard.**

1. On sait que Poisson (*Journal de l'École Polytechnique*, t. XII, 1823) avait admis la possibilité d'un saut brusque de température à la surface de deux corps en contact, et diverses expériences ont paru confirmer cette manière de voir [1]. Soient deux corps S et S′ séparés par une surface Σ. Désignons par n et n' les directions de la normale en un point arbitraire de Σ, correspondant respectivement à S et à S′, et soient V et V′ les températures en ce point pour chacun des deux corps. Les conditions à la surface, dans l'hypothèse de Poisson, s'expriment par les équations

$$-k_1\frac{dV}{dn} = k_2\frac{dV'}{dn'} = q\,(V' - V), \tag{1}$$

k_1, k_2 et q sont trois constantes positives. La constante q est le coefficient du saut, et pour $q = \infty$, on retombe sur le cas habituellement considéré ($V = V'$), où il n'y a pas de saut brusque.

2. Les problèmes de la théorie de la chaleur peuvent être repris dans ces conditions plus générales. Examinons d'abord un cas *d'équilibre calorifique*.

---

(1) Pour la bibliographie de la question, on peut consulter la *Physique* de Chwolson, t. III, p. 399.

Soient un premier corps S limité par une surface Σ, et un second corps S' enveloppant S et limité d'une part par Σ et d'autre part par une surface Σ'. Il y a de plus dans S une source de chaleur P ayant un flux donné qu'on peut supposer égal à 4π; nous admettons qu'il y a le long de Σ le saut brusque de température régi par les équations (1), et que la surface Σ' rayonne vers l'extérieur qui est supposé à la température zéro.

Au point de vue analytique, nous avons à déterminer deux fonctions harmoniques V et V' de x, y et z, satisfaisant sur Σ aux équations (1). La fonction V' est continue dans S'; la fonction V est continue dans S, excepté en P, où elle devient infinie comme $\frac{1}{r_0}$ [r_0 désignant la distance du point (x, y, z) à P]. On a enfin sur Σ'

$$(2) \qquad \frac{dV'}{dn'} - hV' = 0 \qquad (h > 0).$$

Posons $V = \frac{1}{r_0} + U$; U sera harmonique et continue dans S. Nous allons chercher à exprimer U et V' sous la forme de potentiels de simples couches; soient

$$U = \iint_{\Sigma} \frac{\mu \, d\sigma}{r}, \qquad V' = \iint_{\Sigma} \frac{\rho \, d\sigma}{r} + \iint_{\Sigma'} \frac{\rho' \, d\sigma'}{r'},$$

où r et r' désignent respectivement les distances du point (x, y, z) aux éléments $d\sigma$ et $d\sigma'$ des surfaces Σ et Σ'.

En appliquant des formules classiques pour les dérivées normales, et substituant les valeurs de V et V' dans les équations (1) et (2), nous obtenons un système de *trois* équations intégrales linéaires non homogènes, où les inconnues sont les fonctions μ, ρ et ρ'. Je ne les transcrirai pas ici pour abréger; elles peuvent se ramener à des équations de Fredholm.

3. Il est essentiel de s'assurer que nous ne sommes pas dans un cas *singulier* au point de vue de la théorie des équations intégrales, c'est-à-dire que, si nous supprimons les seconds membres de nos équations, les équations homogènes restantes n'ont d'autre solution que $\mu = \rho = \rho' = 0$ (en supposant, comme nous devons le faire, que k_1, k_2 et q sont positifs).

S'il en était autrement, nous aurions deux potentiels V et V', respectivement continus dans S et S' et satisfaisant aux conditions (1) sur Σ, et à la condition (2) sur Σ'. Nous allons montrer que ces fonctions doivent se

réduire à zéro. On tire en effet des équations précédentes supposées vérifiées

$$k_1 V \frac{dV}{dn} + k_2 V \frac{dV'}{dn'} = 0 \qquad (\text{sur } \Sigma)$$

et, en remplaçant V par sa valeur

$$V' - \frac{k_2}{q} \frac{dV'}{dn'},$$

on obtient de suite

$$k_1 V \frac{dV}{dn} + k_2 V' \frac{dV'}{dn'} = \frac{k_2^2}{q} \left(\frac{dV'}{dn'}\right)^2 \qquad (\text{sur } \Sigma).$$

Multipliant par $d\sigma$ et intégrant sur Σ, nous avons

(3) $$k_1 \iint_\Sigma V \frac{dV}{dn} d\sigma + k_2 \iint_\Sigma V' \frac{dV'}{dn'} d\sigma = \frac{k_2^2}{q} \iint_\Sigma \left(\frac{dV'}{dn'}\right)^2 d\sigma.$$

Or une formule de Green donne

$$\iint_\Sigma V \frac{dV}{dn} d\sigma = -\iiint_S \left[\left(\frac{\partial V}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial z}\right)^2\right] dx\, dy\, dz,$$

et l'on a facilement d'autre part

$$\iint_\Sigma V' \frac{dV'}{dn'} d\sigma' = -\iiint_S \left[\left(\frac{\partial V'}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial V'}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial V'}{\partial z}\right)^2\right] dx\, dy\, dz - \iint_{\Sigma'} h V'^2 d\sigma'.$$

Il résulte de là que tous les termes de (3) sont nuls ($k_1 > 0$, $k_2 > 0$, $q > 0$). V et V' sont donc des constantes d'ailleurs égales d'après (1); enfin d'après (2) cette valeur constante ne peut être que zéro. Les potentiels de simple couche V et V' étant respectivement nuls dans S et S' sont nuls dans tout l'espace, et d'après la formule classique donnant la densité en fonction des dérivées normales, nous concluons $\mu = \rho = \rho' = 0$. Il est donc bien établi que nous ne sommes pas dans le cas singulier. Le problème posé est donc résolu.

4. Nous venons de traiter un problème d'équilibre calorifique. On peut étudier le problème *de refroidissement* correspondant aux deux mêmes corps en supposant qu'il n'y ait pas de source à l'intérieur de S. La température $V(x, y, z, t)$ à l'intérieur de S satisfait à une équation de la forme

$$\frac{\partial V}{\partial t} = a^2 \left(\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2}\right);$$

dans S′, la température $V'(x, y, z, t)$ satisfait à l'équation

$$\frac{\partial V'}{\partial t} = a'^2 \left(\frac{\partial^2 V'}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V'}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V'}{\partial z^2} \right).$$

Les conditions aux limites sont les suivantes. La fonction $V(x, y, z, t)$ est donnée pour $t = 0$ dans S, et la fonction $V'(x, y, z, t)$ est donnée pour $t = 0$ dans S′. Ensuite les conditions (1) du paragraphe 1 doivent être satisfaites sur la surface Σ, quel que soit t. Si, de plus, nous admettons comme plus haut, que la surface Σ′ rayonne vers l'extérieur supposé à la température *zéro*, on aura constamment sur Σ′ l'équation (2).

Considérons d'abord une solution de la forme

$$V = e^{-\lambda^2 t} u(x, y, z), \qquad V' = e^{-\lambda^2 t} u'(x, y, z),$$

λ étant une constante. On aura

$$\Delta u + \frac{\lambda^2}{a^2} u = 0, \qquad \Delta u' + \frac{\lambda^2}{a'^2} u' = 0.$$

Prenons pour u et u' des expressions de la forme

$$u = \iint_\Sigma \mu \frac{e^{\frac{\lambda i r}{a}}}{r} d\sigma, \qquad u' = \iint_\Sigma \rho \frac{e^{\frac{\lambda i r}{a'}}}{r} d\sigma + \iint_{\Sigma'} \rho' \frac{e^{\frac{\lambda i r'}{a'}}}{r'} d\sigma',$$

où r et r' désignent respectivement les distances du point (x, y, z) aux éléments $d\sigma$ et $d\sigma'$ des surfaces Σ et Σ′; μ et ρ sont des fonctions inconnues de la position de l'élément $d\sigma$ sur Σ, et pareillement ρ′ pour la surface Σ′.

En substituant ces valeurs de u et u' dans les équations (1) où l'on met u et u' à la place de V et V′, et dans l'équation (2), où l'on met u' à la place de V′, on obtient un système de trois équations intégrales linéaires homogènes [1] qu'il est inutile de transcrire ici, où les inconnues sont μ, ρ et ρ′.

5. Si λ est arbitraire, les équations intégrales qui précèdent ne sont satisfaites que pour $\mu = \rho = \rho' = 0$; les valeurs intéressantes pour nous sont les valeurs singulières de λ, pour lesquelles il en est autrement. Ces valeurs sont réelles et deux à deux égales et de signes contraires; désignons-les d'une manière générale par λ_p, p allant de $-\infty$ à $+\infty$, $(\lambda_p = -\lambda_{-p})$. Il s'agit de voir, imitant des méthodes classiques, si l'on peut

[1] La quantité λ joue bien entendu ici un rôle un peu différent de celui que joue le paramètre habituel de l'équation de Fredholm. Le *déterminant* des équations intégrales n'en est pas moins une fonction entière de λ.

former les séries

$$\sum_{-\infty}^{+\infty} A_p u_p(x, y, z), \qquad \sum_{-\infty}^{+\infty} A_p u'_p(x, y, z)$$

(où u_p et u'_p correspondent à la valeur singulière λ_p) de manière que la première série représente dans S la fonction $V(x, y, z, 0)$, et la seconde $V'(x, y, z, 0)$ dans S'. Je vais seulement montrer ici comment peuvent être déterminés les coefficients A_p, sans entrer dans la démonstration rigoureuse de la possibilité du développement, qui présente quelques longueurs.

En tenant compte des relations

$$(\text{sur } \Sigma) \qquad -k_1 \frac{du_p}{dn} = k_2 \frac{du'_p}{dn'} = q(u'_p - u_p); \qquad \frac{du'_p}{dn'} - hu'_p = 0 \qquad (\text{sur } \Sigma');$$

$$(\text{sur } \Sigma) \qquad -k_1 \frac{du_r}{dn} = k_2 \frac{du'_r}{dn'} = q(u'_r - u_r); \qquad \frac{du'_r}{dn'} - hu'_r = 0 \qquad (\text{sur } \Sigma');$$

on obtient facilement l'égalité

$$(\lambda_p^2 - \lambda_r^2) \left[\frac{k_1}{a^2} \iiint_S u_p u_r \, dx \, dy \, dz + \frac{k_2}{a'^2} \iiint_{S'} u'_p u'_r \, dx \, dy \, dz \right] = 0.$$

Par suite, si p est différent de $\pm r$, la quantité entre crochets sera nulle. Si donc on envisage les deux équations

$$V(x, y, z, 0) = \sum_{-\infty}^{+\infty} A_p u_p(x, y, z) \qquad (\text{dans S}),$$

$$V'(x, y, z, 0) = \sum_{-\infty}^{+\infty} A_p u'_p(x, y, z) \qquad (\text{dans S}'),$$

et si l'on multiplie ces équations respectivement par $\frac{k_1}{a^2} u_r$ et $\frac{k_2}{a'^2} u'_r$, et intègre dans S et S', il ne restera dans le second membre, en faisant la somme, que les termes

$$(4) \qquad A_r \left[\frac{k_1}{a^2} \iiint_S u_r^2 \, dx \, dy \, dz + \frac{k_2}{a'^2} \iiint_{S'} u'^2_r \, dx \, dy \, dz \right]$$
$$+ A_{-r} \left[\frac{k_1}{a^2} \iiint_S u_r u_{-r} \, dx \, dy \, dz + \frac{k_2}{a'^2} \iiint_{S'} u'_r u'_{-r} \, dx \, dy \, dz \right],$$

et cette somme sera par conséquent connue. En faisant la même opération

avec $\frac{k_1}{a^2}u_{-r}$ et $\frac{k_2}{a'^2}u'_{-r}$, on obtient la somme

$$(5)\qquad \mathrm{A}_r\left[\frac{k_1}{a^2}\iiint_{\mathrm{S}} u_r u_{-r}\,dx\,dy\,dz + \frac{k_2}{a'^2}\iiint_{\mathrm{S}'} u'_r u'_{-r}\,dx\,dy\,dz\right] + \mathrm{A}_{-r}\left[\frac{k_1}{a^2}\iiint_{\mathrm{S}} u_{-r}^2\,dx\,dy\,dz + \frac{k_2}{a'^2}\iiint_{\mathrm{S}'} u'^2_{-r}\,dx\,dy\,dz\right].$$

Les sommes (4) et (5) nous font connaître les coefficients A_r et A_{-r}. Les imaginaires disparaissent d'ailleurs dans les développements en groupant convenablement les termes.

La solution du problème posé est alors donnée par les expressions

$$\sum_{-\infty}^{+\infty}\mathrm{A}_p u_p(x, y, z)e^{-\lambda_p^2 t} \quad \text{ou} \quad \sum_{-\infty}^{+\infty}\mathrm{A}_p u'_p(x, y, z)e^{-\lambda_p^2 t},$$

selon qu'il s'agit du corps S ou du corps S'.

6. Ce qui est intéressant dans la question précédente, c'est qu'on y rencontre *deux* équations différentes aux dérivées partielles, et les conditions aux limites renferment à la fois des solutions de l'une et l'autre équation. C'est une catégorie de problèmes beaucoup plus étendue que celle à laquelle on s'est à peu près limité jusqu'ici dans les applications de la théorie des équations intégrales, où l'on n'avait à envisager qu'une seule équation. La Physique mathématique en offre de nombreux exemples qui méritent d'être étudiés à la lumière des travaux récents sur les équations fonctionnelles.

HYDRODYNAMIQUE. — *Vitesse de la chute lente, devenue uniforme, d'une goutte liquide sphérique, dans un fluide visqueux de poids spécifique moindre.* Note de M. **J. Boussinesq**.

I. Comme ce problème, dans le cas extrême d'une goutte de viscosité infinie, deviendrait celui de Stokes relatif à la chute uniforme ou régularisée d'une sphère *solide* dans un fluide visqueux, il est naturel de le traiter en cherchant à y étendre la plus simple des méthodes qui aient été indiquées pour ce problème de Stokes, savoir, celle qui m'a permis, au commencement de 1885, de résoudre la question du lent mouvement *varié* de la sphère solide. Elle consiste à exprimer les trois composantes u, v, w de la vitesse au point quelconque (x, y, z) du fluide considéré, tout en y vérifiant

identiquement l'équation de conservation des volumes, par les trois formules

$$(1) \qquad u = \Delta_2\varphi - \frac{d^2\varphi}{dx^2}, \qquad (v, w) = -\frac{d}{d(y,z)}\frac{d\varphi}{dx},$$

où la fonction auxiliaire φ ne dépend des coordonnées x, y, z que par l'intermédiaire de la distance r du point (x, y, z) au centre de la sphère, l'axe des x étant d'ailleurs choisi dans le sens du mouvement de ce centre. Or, ici où le mouvement *tout autour de la sphère* est censé devenu *permanent*, u, v, w, φ seront indépendants du temps t, si l'on prend comme origine le centre *actuel* de la sphère. Et, de plus, les termes (*non linéaires* par rapport aux vitesses), auxquels se réduiront les accélérations u', v', w', étant rendus négligeables par la lenteur supposée du mouvement, les équations indéfinies de Navier, bien connues, exprimeront la neutralisation du poids ρg de l'unité de volume par les forces de viscosité : elles seront, hors de la goutte, si p désigne la pression moyenne,

$$(2) \qquad \frac{dp}{dx} = \rho g + \varepsilon\Delta_2 u, \qquad \frac{dp}{d(y,z)} = \varepsilon\Delta_2(v, w).$$

Nous y désignons par ρ et par ε la *densité* et la *viscosité* du fluide extérieur indéfini. Mais, dans la goutte même, dont R exprimera le rayon *donné*, c'est-à-dire pour $r < R$, l'on aura des équations toutes pareilles, à cela près que ρ et ε s'y trouveront remplacés par la densité ρ_1 et la viscosité ε_1 du liquide intérieur; en sorte que φ y sera une fonction de r différente.

II. Les expressions (1) de u, v, w, portées dans (2), changent celles-ci en

$$(3) \quad \frac{d}{dx}\left(p - \rho g x + \varepsilon\frac{d\Delta_2\varphi}{dx}\right) = \varepsilon\Delta_2\Delta_2\varphi = \frac{\varepsilon}{r}\frac{d^4.r\varphi}{dr^4}, \qquad \frac{d}{d(y,z)}\left(p - \rho g x + \varepsilon\frac{d\Delta_2\varphi}{dx}\right) = 0;$$

et la dérivation en y ou en z de la première (3) montre, vu les deux dernières (3), que $\Delta_2\Delta_2\varphi$ ne peut pas dépendre de y ni de z. Dès lors, $\Delta_2\Delta_2\varphi$, n'étant, comme φ, fonction que de $r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$, sera tout aussi indépendant de x et se réduira à une constante.

Ainsi, le produit $r\Delta_2\Delta_2\varphi$, dérivée quatrième de $r\varphi$ en r, contient un seul terme, proportionnel à r. Quatre intégrations immédiates donneront donc pour $r\varphi$ un polynome du troisième degré en r, accru d'un terme du cinquième; et, par suite, φ, d'où l'on supprimera la partie constante étran-

gère aux expressions (1) de u, v, w, comprendra seulement, avec deux termes respectivement en r^2 et r^4, deux autres termes en $r^{\pm 1}$.

Or, dans le fluide extérieur, où il est évident que doivent s'évanouir, pour r infini, les vitesses u, v, w (dues seulement à la présence de la goutte de rayon R), les deux termes en r^2 et en r^4 donneraient dans (1), aux distances infinies, le premier, une vitesse u constante, le second, des vitesses infinies. Donc, ces deux termes y auront coefficients nuls. Au contraire, dans la goutte, ce sont les deux termes en $r^{\pm 1}$ qui disparaîtront; car ils produiraient, au centre $r = 0$, des vitesses infinies respectivement des premier et troisième ordres. Ainsi, les deux fonctions φ à considérer seront, avec quatre constantes A, B, C, D *en tout*,

$$(4) \qquad (\text{pour } r < \text{R})\ \varphi = \frac{\text{A}}{4} r^2 - \frac{\text{B}}{8} r^4, \qquad (\text{pour } r > \text{R})\ \varphi = \text{C}r + \frac{\text{D}}{3r}.$$

III. Portées dans les formules (1), en se souvenant que les dérivées de r en x, y, z sont les trois rapports de x, y, z à r, elles donneront comme composantes *verticale* et *horizontale* des vitesses, aux divers points du plan méridien des xy auquel on peut se borner (avec $y > 0$) :

$$(5) \qquad \begin{cases} (\text{pour } r < \text{R})\ u = (\text{A} - \text{B}r^2) - \text{B}y^2, \quad v = \text{B}yx; \\ (\text{pour } r > \text{R})\ u = 2\left(\frac{\text{C}}{r} - \frac{\text{D}}{3r^3}\right) - \left(\frac{\text{C}}{r^3} - \frac{\text{D}}{r^5}\right)y^2, \quad v = \left(\frac{\text{C}}{r^3} - \frac{\text{D}}{r^5}\right)yx. \end{cases}$$

Sur la sphère de rayon r et, par conséquent (dans ce demi-plan des xy) le long du demi-cercle méridien de rayon r, nous poserons $x = r\cos\lambda$, $y = r\sin\lambda$, en appelant λ l'angle (*colatitude*) de la normale extérieure avec les x positifs. Nous verrons alors que ces vitesses comprennent :

1° Une petite vitesse verticale descendante commune, U, de tout le demi-cercle et, par suite, de toute la sphère considérée,

$$(6) \qquad \text{U} = \text{soit A} - \text{B}r^2, \quad \text{soit } 2\left(\frac{\text{C}}{r} - \frac{\text{D}}{3r^3}\right),$$

et, 2°, un petit glissement *tangentiel* G (ascendant) des molécules le long du demi-cercle,

$$(7) \qquad \text{G} = \text{soit B}r^2 \sin\lambda, \quad \text{soit } \left(\frac{\text{C}}{r} - \frac{\text{D}}{r^3}\right) \sin\lambda.$$

En effet, les deux angles de la tangente (ascendante) au demi-cercle avec les x et les y positifs sont $\frac{\pi}{2} + \lambda$ et λ, ou ont pour cosinus $-\sin\lambda$ et $\cos\lambda$;

de sorte que les deux projections de ce glissement valent bien, dans les formules (5), le dernier terme de u et l'expression complète de v. Ainsi, *les couches sphériques concentriques à la surface visible de la goutte conservent, durant un instant dt, leur forme d'ensemble et leur rayon; mais elles s'abaissent inégalement et, par suite, leur matière s'y distribue, aussi, inégalement de bas en haut.*

Sur chaque sphère en particulier, le *glissement* G *est proportionnel au sinus de la colatitude* λ, conformément à l'hypothèse faite pour la sphère $r = R$ dans ma dernière Note.

A cette surface visible $r = R$ de la goutte, limite commune aux deux fluides intérieur et extérieur, tant les expressions (6) de U que celles, (7), de G, doivent se confondre, puisqu'il n'y a pas rupture de la couche superficielle. Et, en appelant alors V la valeur de U commune, il vient, entre cette *vitesse* V *de chute de la goutte*, qui est l'inconnue cherchée, et les quatre constantes arbitraires A, B, C, D, les trois équations du premier degré

$$(8)\qquad V = A - BR^2 = \frac{2C}{R} - \frac{2D}{3R^3}, \qquad BR^2 = \frac{C}{R} - \frac{D}{R^3}.$$

IV. Occupons-nous actuellement des pressions subies par chaque fluide et, d'abord, de la pression moyenne p.

Les formules (4) donnant respectivement $\left(-5Bx, -\frac{2Cx}{r^3}\right)$, pour $\frac{d\Delta_2\varphi}{dx}$, et $(-15B, 0)$ pour $\Delta_2\Delta_2\varphi$, les équations (3), multipliées par dx, dy, dz et ajoutées, s'intégreront immédiatement. Appelons c_1, dans le liquide de la goutte, c, dans le fluide extérieur, la constante qu'introduit l'intégration; et il viendra

$$(9)\quad (\text{pour } r < R)\, p = c_1 + (\rho_1 g - 10\varepsilon_1 B)x, \quad (\text{pour } r > R)\, p = c + \left(\rho g + \frac{2\varepsilon C}{r^3}\right)x.$$

Nous pouvons maintenant évaluer trois des *six pressions principales relatives aux axes*, pressions que j'écris N_x, N_y, N_z, T_x, T_y, T_z, savoir les trois, N_x, N_y, T_z, qui, aux différents points du demi-cercle méridien considéré du plan des xy, s'exercent dans ce plan, où elles sollicitent les éléments de surface normaux aux x et aux y. Il suffira de porter les valeurs (5) et (9) de u, v et p dans les formules, bien connues,

$$(N_x, N_y) = -p + 2\varepsilon\left(\frac{du}{dx}, \frac{dv}{dy}\right), \qquad T_z = \varepsilon\left(\frac{du}{dy} + \frac{dv}{dx}\right).$$

A ces différents points du méridien demi-circulaire, les deux compo-

santes p_x et p_y, suivant les x et les y, de la pression exercée du dehors sur l'élément de la sphère dont la normale a la colatitude λ, recevront les expressions usuelles $N_x \cos\lambda + T_z \sin\lambda$, $T_z \cos\lambda + N_y \sin\lambda$; et, enfin, les deux composantes $\mathfrak{N}$, $\mathfrak{T}$ de la même pression, suivant la normale extérieure et suivant la tangente au méridien (du côté des colatitudes croissantes), seront, respectivement, $p_x \cos\lambda + p_y \sin\lambda$, $-p_x \sin\lambda + p_y \cos\lambda$. Les calculs n'offrent aucune autre difficulté que leur longueur (probablement susceptible d'être réduite par une méthode plus géométrique); et, en gardant les notations $\mathfrak{N}$, $\mathfrak{T}$ pour $r > R$, mais appelant $\mathfrak{N}'$, $\mathfrak{T}'$ les forces analogues pour $r < R$, on trouve :

$$(10) \quad \left\{ \begin{aligned} \mathfrak{N}' &= -c_1 - (\rho_1 g - 6\varepsilon_1 B) r \cos\lambda, & \mathfrak{T}' &= 3\varepsilon_1 B r \sin\lambda; \\ \mathfrak{N} &= -c - \left[\rho g + 6\varepsilon\left(\frac{C}{r^3} - \frac{2}{3}\frac{D}{r^5}\right)\right] r \cos\lambda, & \mathfrak{T} &= 2\varepsilon \frac{D}{r^5} r \sin\lambda. \end{aligned} \right.$$

V. A la surface de la goutte, limite commune $r = R$ des deux fluides, ces forces vérifient, quel que soit λ, les deux équations (8) de ma dernière Note [1], équations où G vaut $BR^2 \sin\lambda$ d'après la première (7) ci-dessus, et où f, e sont, respectivement, la tension *statique* de la couche superficielle et un certain coefficient de *sa viscosité*. De là, les trois conditions

$$(11) \quad \left\{ \begin{aligned} & c_1 - c = \frac{2f}{R}, \quad \frac{(\rho_1 - \rho)g}{6} = \left(\varepsilon_1 + \frac{e}{3R}\right) B + \varepsilon\left(\frac{C}{R^3} - \frac{2}{3}\frac{D}{R^5}\right), \\ & \qquad \left(\varepsilon_1 + \frac{e}{3R}\right) B = \frac{2\varepsilon}{3}\frac{D}{R^5}. \end{aligned} \right.$$

La première permet de rattacher l'une à l'autre les pressions moyennes p à l'intérieur et à l'extérieur de la goutte. La deuxième, en y éliminant B par la troisième, prend la forme simple $(\rho_1 - \rho) g R^2 = 6\varepsilon C$ et détermine la constante C *en fonction du poids spécifique apparent* $(\rho_1 - \rho)g$ *de la goutte dans le fluide extérieur*. Après quoi, la dernière (11), d'une part, la dernière (8) résolue par rapport à C, d'autre part, font connaître les rapports mutuels de B, D, C et, par suite, leurs expressions en fonction de $(\rho_1 - \rho)g$. Enfin la seconde (8) donne A, et la première (8) rattache ces quatre constantes A, B, C, D à la *vitesse* V *de chute de la goutte*. Il vient, finalement, pour cette vitesse de chute, *la formule cherchée*,

$$(12) \quad V = \frac{2(\rho_1 - \rho) g R^2}{9\varepsilon} \frac{e + (3\varepsilon_1 + 3\varepsilon) R}{e + (3\varepsilon_1 + 2\varepsilon) R}.$$

Comme accélérations et inerties sont négligeables dans la question,

[1] Voir le précédent numéro des *Comptes rendus*, p. 1035.

c'est la résistance du fluide extérieur au mouvement de la goutte qui neutralise le poids $\rho_1 g \varpi$ de celle-ci (dont j'appelle ϖ le volume). Or, en résolvant (12) par rapport à $\rho_1 g$, on trouve, pour ce poids ou cette résistance, d'abord, la *poussée hydrostatique*, ou d'Archimède, $\rho g \varpi$, et, en outre, une *résistance dynamique*, $\mathfrak{R}$, égale au produit de celle qu'a donnée Stokes pour une sphère solide, $6\pi\varepsilon RV$, par le rapport

$$(13)\qquad \frac{e + (3\varepsilon_1 + 2\varepsilon)R}{e + (3\varepsilon_1 + 3\varepsilon)R},$$

inférieur à l'unité. C'est donc dans ce rapport qu'est abaissée la résistance $\mathfrak{R}$ par la *plasticité* de la couche superficielle et du liquide intérieur.

VI. Pour une goutte *de viscosité infinie*, cas où ε s'évanouirait comparativement à ε_1 et à e, le dernier facteur fractionnaire, dans (12), se réduit à l'unité; et la vitesse de chute devient, comme on pouvait le prévoir, celle que donne la formule de Stokes pour une sphère *solide*. Si donc on appelle k le rapport de la vitesse de chute effective *à celle qu'on observerait si la goutte était rigide*, l'on aura

$$(14)\qquad k = \frac{e + (3\varepsilon_1 + 3\varepsilon)R}{e + (3\varepsilon_1 + 2\varepsilon)R}.$$

Ce rapport est sensiblement égal à 1 pour les gouttes d'un rayon R très petit; ce qui signifie que *la viscosité superficielle produit sur les gouttes assez ténues le même effet que la rigidité*. Mais il grandit avec R et atteint à très peu près, dans les *grosses* gouttes, la valeur $\frac{3\varepsilon_1 + 3\varepsilon}{3\varepsilon_1 + 2\varepsilon}$, qu'indiquait naturellement, *pour tous les cas*, la théorie de MM. Rybczynski et Hadamard (où e ne figurait pas), et dont le maximum, sensiblement réalisé *par l'immersion de la goutte dans un fluide beaucoup plus visqueux qu'elle-même*, serait $\frac{3}{2}$. Ce maximum était presque atteint pour les gouttes mercurielles tombant dans de l'huile de ricin, du moins à la température où M. Jules Roux a fait ses observations; mais, pour les rayons R expérimentés par lui et qui allaient, à peu près, de $0^{mm},62$ à $0^{mm},90$, le rapport k a crû environ de 1,06 à 1,12 (¹), variant bien dans le sens indiqué par la formule (14) (²).

(¹) *La charge élémentaire de l'electron: recherches sur la loi de Stokes;* thèse de M. Jules Roux pour le doctorat ès Sciences physiques (Paris, Gauthier-Villars, 1912). Voir page 26.

(²) Il est intéressant d'appliquer les deux premières équations (5) à une molécule liquide (x, y) considérée sans cesse *dans la goutte même*, c'est-à-dire rapportée à des axes animés de la vitesse verticale V de son centre; ce qui permet d'y remplacer u

M. **Émile Jungfleisch** fait hommage à l'Académie d'une *Notice sur la vie et les travaux de Marcellin Berthelot.*

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section des Académiciens libres, en remplacement de M. *Teisserenc de Bort*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 55,

M. Landouzy	obtient.......	42	suffrages
M. André Blondel	»	9	»
M. Désiré André	»	1	suffrage
M. Arnaud de Gramont	»	1	»
M. Paul Janet	»	1	»
M. Maurice d'Ocagne	»	1	»

M. **Landouzy**, ayant réuni la majorité des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

---

par $V + \frac{dx}{dt}$ et v par $\frac{dy}{dt}$. Alors la seconde de ces équations, et la somme des deux (préalablement multipliées par x et par y), donnent, vu la première (8),

$$(\alpha) \qquad \frac{dy}{dt} = Bxy, \qquad r\frac{dr}{dt} = Bx(R^2 - r^2).$$

La seconde (α) montre que le mouvement est *centrifuge* dans le *bas* de la goutte (où $x > 0$) et *centripète* dans le *haut* (où $x < 0$). En éliminant ensuite Bx, il vient presque sans calcul, entre y et r, la relation simple, à signification géométrique immédiate, $y\sqrt{R^2 - r^2} = \text{const.}$, équation de trajectoires fermées du quatrième degré, symétriques par rapport à l'équateur et s'approchant ou s'éloignant de l'axe vertical de la goutte en même temps que de son centre. Enfin, la première (α), si l'on y remplace x et puis r par leurs valeurs en y, s'intègre aisément et donne t par une intégrale elliptique de première espèce.

Toutes les trajectoires, dans le demi-plan méridien, entourent le point *fixe*

$$\left(x = 0,\ y = \frac{R}{\sqrt{2}}\right),$$

autour duquel tournoie le liquide.

COMMISSIONS.

M. **Violle** et M. **Deslandres** sont adjoints à la Commission chargée d'examiner les Communications relatives à la *baguette divinatoire*.

PLIS CACHETÉS.

AVIATION. — *Sur un appareil permettant de faire varier la surface portante d'un aéroplane;* par M. **G. de Saint-Aubin**. (Extrait d'un pli ouvert en séance le 10 février 1913.)

La vitesse nécessaire à un aéroplane en temps de vol est un danger à l'atterrissage; de plus, elle ne peut être obtenue qu'en donnant à l'aéroplane une surface portante réduite au strict minimum, afin de diminuer la résistance à l'avancement. On conçoit donc que, dans ces conditions, l'appareil est un mauvais planeur et ne se soutient que grâce à sa vitesse; la moindre panne de moteur peut avoir une issue fatale, et l'atterrissage constitue un danger constant.

Nous avons imaginé un système permettant d'avoir un appareil à grande vitesse et à petite surface en vol, et une grande surface et une vitesse réduite à l'atterrissage.

L'appareil se compose essentiellement de deux plans auxiliaires à surfaces de faible courbure disposés de part et d'autre de l'aile ordinaire et de telle façon que leurs centres de sustentation pour un même angle d'attaque α se trouvent sur une même ligne passant par le centre de sustentation C du ou des plans ordinaires de l'appareil. Ces ailes auxiliaires, non portantes en temps de marche normale et égales l'une à l'autre, pourront tourner autour d'axes passant par leurs propres centres de sustentation.

En prenant en même temps l'angle α, elles subiront des poussées égales et parallèles, dont la résultante aura son point d'application en C.

Le centre de sustentation ne sera donc pas changé et la force sustentatrice du système sera plus forte, ce qu'on voulait.

De plus, la résistance à l'avancement ayant augmenté, l'appareil subira un ralentissement et l'atterrissage sera effectué à une vitesse réduite : l'appareil sera devenu un bon planeur. (Les deux ailes auxiliaires seront commandées par une même tige.)

En agissant seulement sur l'une des ailes auxiliaires à l'aide d'un levier spécial, on obtiendra à volonté le cabrage ou le capotage. On aura donc un moyen rapide et brusque de se redresser si les circonstances l'exigent ou si le gouvernail de profondeur ordinaire est rompu.

CORRESPONDANCE.

MM. **Depéret**, **Gouy**, **Sabatier** font part à l'Académie de l'intention qu'ils ont de poser leur candidature à une des places récemment créées de Membres non résidents.

M. **Montel** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

Mme veuve **Cusco** adresse également des remercîments à l'Académie.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil, faites à l'Observatoire de Lyon, pendant le quatrième trimestre de* 1912. Note de M. **J. Guillaume**, présentée par M. B. Baillaud.

Le nombre des jours d'observations pendant ce trimestre a été de 59 et l'on en déduit les principaux faits qui suivent :

Taches. — Malgré un nombre de groupes moindre, la surface totale a plus que doublé; on a, effectivement, enregistré 6 groupes au lieu de 8 et 293 millionièmes au lieu de 132.

A part les deux groupes dont il va être parlé plus loin, les quatre autres appartiennent à l'hémisphère austral. Leur latitude moyenne, dans l'ensemble, est de $-4°,5$ et $+24°,5$.

Le fait saillant de ce trimestre est l'apparition, en décembre, de deux groupes de taches à $+23°$ et $+26°$ de latitude, qui sont des premiers indices du commencement d'un nouveau cycle d'activité de ces phénomènes. La présence de taches à plus de 20° de latitude ne s'était pas produite, dans l'hémisphère boréal, depuis février 1908,

tandis que, depuis cette époque, on a noté 10 groupes dans l'hémisphère austral : 6 en 1908, 3 en 1909 et le dernier en avril 1910.

Enfin le Soleil a été noté *sans taches* dans 41 des jours d'observations, d'où il résulte un nombre proportionnel trimestriel de 0,69, au lieu de 0,66 précédemment.

Régions d'activité. — On a noté 33 groupes de facules avec une surface de 17,4 millièmes, au lieu de 42 groupes et 18,5 millièmes précédemment.

Leur nombre est resté le même (14) au nord de l'équateur, mais il a diminué de 9 (19 au lieu de 28) au sud.

TABLEAU I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes S.	Latitudes moyennes N.	Surfaces moyennes réduites.
		Octobre. — 0,67.			
4-11	5	5,8	— 8		70
18-19	2	23,6	— 5		10
27	1	25,8	— 3		pore
	21 j.		—6°,5		
		Novembre. — 0,94.			
16	1	21,3(1)	— 3(1)		35
	16 j.		—3°		
		Décembre. — 0,55.			
19	1	15,5		+23	3
12-22	8	17,7	— 2		150
29- 3	4	28,8		+26	25
	22 j.		—2°	+24°,5	

TABLEAU II. — *Distribution des taches en latitude.*

1912.	Sud. 90°-40°.	40°-30°.	30°-20°.	20°-10°.	10°-0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°-10°.	10°-20°.	20°-30°.	30°-40°.	40°-90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Octobre.....	»	»	»	»	2	2	»	»	»	»	»	»	2	80
Novembre...	»	»	»	»	1	1	»	»	»	»	»	»	1	35
Décembre...	»	»	»	»	1	1	2	»	»	2	»	»	3	178
Totaux....	»	»	»	»	4	4	2	»	»	2	»	»	6	293

TABLEAU III. — *Distribution des facules en latitude.*

1912.	Sud. 90°-40°.	40°-30°.	30°-20°.	20°-10°.	10°-0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°-10°.	10°-20°.	20°-30°.	30°-40°.	40°-90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Octobre.....	»	1	»	1	6	8	1	1	»	»	»	»	9	7,0
Novembre...	»	»	»	1	8	9	6	»	»	»	»	6	15	6,5
Décembre...	»	»	»	»	2	2	7	»	»	3	»	4	9	3,9
Totaux....	»	1	»	2	16	19	14	1	»	3	»	10	33	17,4

(1) Le 16 novembre, j'ai noté hâtivement les taches de ce groupe, avant la couverture du ciel qui a persisté pendant plusieurs jours, et n'ai pas pu relever ses positions. Celles indiquées ici sont d'après M. E.-W. Maunder (*Observatory* d'avril 1913), qui a observé ce groupe du 16 au 19.

ASTRONOMIE. — *Nouvelle méthode pour la recherche visuelle rapide des petites planètes : Comparateur photo-visuel.* Note de M. **J. Lagrula**, présentée par M. Bassot.

La principale difficulté que l'on rencontre visuellement dans la recherche et l'identification des petites planètes, c'est que rien dans son aspect physique ne différencie un astéroïde d'une étoile de même grandeur. La constatation de son mouvement par rapport aux astres fixes est le seul caractère distinctif permettant d'affirmer que l'on est en présence d'une petite planète et, quelle que soit la méthode suivie, il est toujours nécessaire d'appliquer cet unique critérium à un nombre d'objets d'autant plus considérable que l'astéroïde recherché est de grandeur plus faible et ses éphémérides plus incertaines. On conçoit que ce genre d'investigation nécessite, de la part de l'observateur, un labeur très important et dont assez fréquemment le fruit est malheureusement perdu par suite d'une interruption de beau temps.

J'ai trouvé le moyen de simplifier cette investigation en appliquant la vision binoculaire dans le champ même d'une lunette astronomique qui permet d'estampiller en quelque sorte les étoiles de telle manière qu'une planète s'en distingue à simple vue : La méthode consiste essentiellement dans la superposition binoculaire de deux images du ciel, l'une réellement observée dans le champ de la lunette entraînée sur le mouvement diurne, l'autre artificielle fournie par un cliché positif convenablement éclairé de la même région.

L'Observatoire de Nice a fait construire à cet effet, sur mes indications, un appareil spécial qui est actuellement installé sur son équatorial Gautier de 38^{cm}.

Le dispositif instrumental comporte l'emploi :

1° Pour l'un des yeux, d'un oculaire de Ramsden s'adaptant au porte-oculaire du micromètre servant à l'observation des petites planètes. Son champ, d'environ 15', correspond au grossissement minimum compatible avec la conservation intégrale du pouvoir de pénétration de la lunette de Gautier.

2° D'un microscope destiné à l'examen des clichés au moyen du second œil. L'oculaire de ce microscope a le même champ que le premier et, au point de vue optique, il n'en diffère que par l'adjonction d'une lentille de champ supplémentaire, théoriquement située dans le plan des images fournies par l'objectif du microscope, mais que, pour la commodité de construction, l'on a combinée avec la lentille frontale. L'ensemble des deux oculaires est identique au dispositif employé dans le stéréoscope.

En vue de permettre quelque tolérance dans l'échelle de reproduction des documents photographiques qu'on utilise, le grossissement du microscope est variable dans des limites d'ailleurs peu étendues.

L'axe optique de ce microscope est brisé à angle droit au moyen d'un miroir à 45° placé dans l'oculaire. Cela permet de rejeter le cliché dans un plan parallèle à l'axe optique de la lunette, plan dans lequel il est mobile derrière l'objectif du microscope et suivant deux directions rectangulaires, au moyen de vis de rappel commandant un double cadre qui coulisse à l'intérieur d'une boîte. A cette boîte, et dans la partie centrale de la paroi qui se trouve en regard de l'objectif, est adapté un fort tube coudé servant de monture aux pièces optiques et qui est lui-même fixé à l'intérieur d'un manchon de serrage solidement relié au tube de l'équatorial. A l'extérieur de la boîte, et en arrière du cliché, se trouve le dispositif d'éclairage constitué par une ampoule électrique à verre dépoli, un réflecteur et un obturateur d'ouverture variable, le tout centré sur l'objectif et renfermé dans une boîte à chicane, ce qui permet d'opérer en pleine obscurité.

Un écran coloré, en vert par exemple, étant intercalé entre la source lumineuse et le cliché positif, on obtient, à l'oculaire du microscope, l'image d'un ciel artificiel dans lequel les astres apparaissent comme des *disques lumineux verts* sur fond obscur, c'est-à-dire sous un aspect nettement différent de celui que présentent les images réellement observées dans le ciel à l'autre oculaire : *points blancs brillants*. La superposition virtuelle des images résulte d'un double mouvement : l'un de translation, l'autre de rotation, qu'il est facile de donner à l'une d'elles dans son plan.

Pour le mouvement de translation, on opère soit dans le champ artificiel en utilisant les deux rappels du cadre porte-plaques, soit dans le champ réel au moyen des rappels en ascension droite et déclinaison. Quant au mouvement de rotation, il est réalisé par l'adoption, entre la boîte et le tube coudé, d'un mode de liaison à rappel laissant à la première la possibilité de tourner sur elle-même autour de l'axe optique du microscope. Enfin, pour le réglage, en orientation et distance, des oculaires sur la ligne des yeux de l'observateur, on dispose tout simplement de la mobilité que comporte, en ascension droite et déclinaison, le chariot porte-oculaire du micromètre.

L'équatorial étant entraîné sur le mouvement diurne, la superposition des images une fois obtenue, se conserve sans nouveau réglage pendant tout le temps nécessaire à l'examen du champ. Ce temps est d'ailleurs assez court; en effet, à cause de cette superposition, tous les objets visibles dans le *champ de la lunette, à l'exception des petites planètes* (astres errants qui *n'ont pas leur correspondant* sur le cliché représentant l'état du ciel à une autre époque), sont estampillés par la présence d'un petit disque coloré en vert. Dans ces conditions, il suffit d'une fraction de minute pour voir s'il existe ou non, dans le champ, un point blanc brillant isolé, aspect décelant la présence de l'astéroïde recherché.

Pour procéder en toute certitude avec le *comparateur photo-visuel*, il est indispensable que toutes les étoiles accessibles à la lunette figurent bien sur le cliché. Il est

donc très important de disposer de documents photographiques obtenus avec des instruments puissants et des poses suffisamment prolongées. A l'égard de notre lunette de 38^{cm}, la condition précédente paraît réalisée par les Cartes photographiques de MM. Palisa et Wolf, cartes bien connues des astronomes et que j'ai déjà expérimentées :

C'est ainsi que, dans la nuit du 1er avril, avec un cliché positif reproduisant à l'échelle convenable la Carte n° 52, j'ai pu, en moins de 5 minutes, m'assurer que, contrairement à une information des *Astronomische Nachrichten*, la planète (233) Astérope, de grandeur 11,8, ne se trouvait pas à la position assignée par le *Berliner Jahrbuch* et que la position calculée comportait une correction de -58^s en ascension droite et $+8'$ en déclinaison.

Au point de vue de la rapidité que réalise l'emploi de l'instrument, j'estime qu'en un laps de temps variant, suivant les circonstances, entre 15 et 45 minutes, il est possible d'explorer sur une longueur de 2° une bande de $25'$ de largeur, ce qui suffit dans un grand nombre de cas, pourvu qu'on ait soin d'orienter rationnellement la ligne de recherche.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur une généralisation des surfaces minima non euclidiennes.* Note de M. **Tzitzéica.**

Il s'agit d'étudier les réseaux conjugués (x) d'un espace S_{2n-1} à $2n-1$ dimensions, dont les coordonnées projectives $x^{(1)}, x^{(2)}, \ldots, x^{(2n)}$ vérifient les relations

$$(1)\quad \left\{\begin{array}{l} \sum x^2 = 1, \quad \sum\left(\frac{\partial x}{\partial u}\right)^2 = 0, \quad \sum\left(\frac{\partial x}{\partial v}\right)^2 = 0, \quad \ldots, \\ \qquad \sum\left(\frac{\partial^{n-1} x}{\partial u^{n-1}}\right)^2 = 0, \quad \sum\left(\frac{\partial^{n-1} x}{\partial v^{n-1}}\right)^2 = 0. \end{array}\right.$$

Il est facile de voir que ce sont des réseaux à invariants égaux.

Ce problème généralise les surfaces (M) de M. Darboux (*Théorie des surfaces*, t. III, p. 472) et le problème de M. Guichard (*Comptes rendus*, 10 mars 1913).

Voici les résultats que j'ai réussi à obtenir au sujet des réseaux (x) qui vérifient les relations (1).

Théorème. — *La suite des réseaux (x_i), qu'on déduit de (x) par l'application successive de la transformation de Laplace, est périodique : le*

réseau (x_{2n}) *coïncide avec* (x), *ou, ce qui est la même chose, le réseau* (x_n) *coïncide avec* (x_{-n}).

La méthode que j'ai employée pour obtenir ce résultat est simple. J'ai remplacé les relations (1) par des relations entre les coordonnées du point x du réseau (x) et les coordonnées des points x_i des réseaux (x_i). Par des dérivations successives j'ai obtenu les deux groupes suivants de relations

$$\Sigma x x_n = 0,\quad \Sigma x_1 x_n = 0,\quad \ldots,\quad \Sigma x_{n-1} x_n = 0,\quad \Sigma x_{-1} x_n = 0,\quad \ldots,\quad \Sigma x_{-(n-1)} x_n = 0;$$
$$\Sigma x x_{-n} = 0,\quad \Sigma x_1 x_{-n} = 0,\quad \ldots,\quad \Sigma x_{n-1} x_{-n} = 0,\quad \Sigma x_{-1} x_{-n} = 0,\quad \ldots,\quad \Sigma x_{-(n-1)} x_{-n} = 0,$$

d'où il résulte que les $x_n^{(i)}$ sont proportionnels aux $x_{-n}^{(i)}$, et le théorème est démontré.

RÉCIPROQUE. — *Tout réseau conjugué* (x) *à invariants égaux identique au* $2n^{\text{ième}}$ *réseau transformé de Laplace, vérifie, à moins d'une transformation linéaire, les relations* (1).

L'hypothèse faite sur (x) revient au fait que le réseau (x_n), $n^{\text{ième}}$ transformé de (x) dans un sens, est identique au réseau (x_{-n}), $n^{\text{ième}}$ transformé de (x) dans l'autre sens. Ce réseau (x_n) ou (x_{-n}) est, comme (x), à invariants égaux et l'on peut choisir les variables indépendantes de manière que l'équation de Laplace vérifiée par les $x_n^{(i)}$ soit la même pour les $x_{-n}^{(i)}$. Il résulte de là

$$(2) \qquad x_{-n}^{(i)} = c\, x_n^{(i)} \qquad (c = \text{const.}),$$

ce qui prouve que les $x^{(i)}$, c'est-à-dire les coordonnées d'un point du réseau (x), sont définies par un système d'équations aux dérivées partielles, l'une étant l'équation de Laplace

$$(3) \qquad \frac{\partial^2 x}{\partial u\, \partial v} = h x,$$

l'autre résultant de (2) et étant d'ordre n. Ce système est complet et n'admet pas d'autres solutions linéairement indépendantes.

Cela étant, considérons les fonctions $y^{(i)}$ définies par les relations

$$(4) \quad \Sigma y x = 1,\quad \Sigma y x_1 = 0,\quad \ldots,\quad \Sigma y x_n = 0,\quad \Sigma y x_{-1} = 0,\quad \ldots,\quad \Sigma y x_{-(n-1)} = 0.$$

Tout d'abord, il est aisé de démontrer, par des dérivations successives, que les $y^{(i)}$ sont des solutions de (3).

Si l'on introduit ensuite les réseaux (y_i) déduits de (y) par des transformations successives de Laplace, alors, par dérivation, on déduit de (4)

qu'on a

$$y_{-n}^{(i)} = c y_n^{(i)},$$

c'est-à-dire une relation toute pareille à (2). Il résulte de là que les $y^{(i)}$ vérifient précisément le même système d'équations aux dérivées partielles qui définit les $x^{(i)}$. Il est facile alors, à l'aide d'une transformation linéaire, de déduire de (4) que les $x^{(i)}$ vérifient les relations (1), et la réciproque est ainsi démontrée.

Remarques. — 1. J'ai laissé de côté certains cas singuliers qui peuvent se présenter. Considérons un diviseur m de $2n (m \neq 2)$. Il est possible que le réseau (x_m) soit identique à (x), alors naturellement (x) répond, d'une manière singulière, à la question. C'est ce qui arrive, par exemple, dans le cas particulier signalé par M. Guichard dans sa Note.

2. Il est intéressant de remarquer que le réseau (x_n), considéré précédemment, jouit des mêmes propriétés que le réseau (x). M. Guichard a reconnu, dans le cas $n = 3$, ce fait.

3. J'ai aussi étudié les réseaux à invariants égaux dont le $(2n-1)^{\text{ième}}$ transformé de Laplace coïncide avec eux et tiré de nombreuses conséquences géométriques de toutes ces propriétés.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions entières d'ordre fini.* Note de M. G. VALIRON, présentée par M. Émile Picard.

1. Dans son Mémoire sur les fonctions entières (*Acta Societatis Scientiarum Fennicæ*, 1901), M. Lindelöf donne des relations très précises entre le maximum du module d'une fonction entière pour $|z| = r$, et l'ordre de grandeur des coefficients de la série de Taylor, ou la distribution des zéros. Ses résultats, valables seulement pour certaines classes de fonctions, se généralisent facilement. Soit d'abord la fonction d'ordre ρ,

$$f(z) = \Sigma c_n z^n,$$

il est possible de former (d'une infinité de façons) une fonction $\beta(x)$, définie, bornée supérieurement, continue pour $x > x_0 > 0$, dérivable (sauf en certains points où elle l'est à gauche et à droite), telle que

$$\text{(A)} \qquad \underline{\lim}_{x=\infty} \beta(x) = 0, \qquad \lim_{x=\infty} \beta'(x) x \log x = 0;$$

et qu'on ait

$$\frac{1}{\sqrt[n]{|c_n|}} \geqq n^{\frac{1+\beta(n)}{\rho}} \qquad (n > n_0),$$

l'égalité ayant lieu pour une infinité de valeurs de n. Si l'on désigne par $x^{\rho[1-\alpha(x)]}$ la fonction inverse de $x^{\frac{1+\beta(x)}{\rho}}$ [$\alpha(x)$ vérifie les conditions (A)] et par $M(r)$ le maximum de $|f(z)|$ pour $|z| = r$, on a

$$(1) \qquad \overline{\lim_{r=\infty}} \frac{e\rho[1-\alpha(r)]\log M(r)}{r^{\rho[1-\alpha(r)]}} = 1$$

cette expression approchant de la limite pour des valeurs de r rendant $\alpha(x)$ voisin de ses minima. Il en résulte que pour une fonction d'ordre ρ il existe des fonctions $\gamma(x)$ vérifiant les conditions (A) et telles que

$$1 - \gamma(x) > h > 0, \qquad \lim_{x=\infty} \gamma(x) = 0,$$

$$\overline{\lim_{r=\infty}} \frac{\log M(r)}{r^{\rho[1-\gamma(r)]}} = 1,$$

on pourra dire que $\rho \times [1 - \gamma(x)]$ est un *ordre précisé*. On obtiendra des précisions de l'égalité (1) et diverses réciproques, notamment la condition nécessaire et suffisante pour que

$$\lim_{r=\infty} \frac{\log M(r)}{r^{\rho[1-\alpha(r)]}} = 1.$$

2. Des considérations analogues s'appliqueront lorsque la fonction sera donnée par ses zéros (en supposant ρ non entier), r_n étant le module du $n^{\text{ième}}$ zéro, on construira $\beta(x)$ satisfaisant aux conditions (A) et telle qu'on ait

$$(2) \qquad r_n \geqq n^{\frac{1+\beta(n)}{\rho}} \qquad (n > n_0);$$

l'égalité ayant lieu pour une infinité de n, mais ici il faudra supposer

$$\beta(x) < \frac{\rho - p}{p} \text{ [1]}.$$

On obtiendra alors une limite supérieure de $\log M(r)$ plus précise que celle

---

[1] p est le genre, si $\beta(x)$ devient égal à $\frac{\rho - p}{p}$ les modules de zéro interviennent pour déterminer la partie principale de $\log M(r)$.

de M. Boutroux [1], en ce sens qu'elle sera effectivement atteinte pour certaines fonctions, mais l'application directe des formules se fera dans des conditions moins larges [2].

On pourra obtenir dans le cas où les arguments des zéros ont une limite, π par exemple, et où dans (2) l'égalité a lieu pour des valeurs de n dont le rapport tend vers 1, une expression asymptotique de $\log|f(z)|$ valable dans tout le plan sauf au voisinage des zéros, on aura $x^{\rho[1-\alpha(x)]}$ désignant toujours la fonction inverse de $x^{\frac{1+\beta(x)}{\rho}}$,

$$(3)\quad \log f(z) = \frac{\pi e^{i\varphi\rho(r)}}{\sin[\pi\rho(r)]} r^{\rho(r)}[1+\varepsilon(r,\varphi)] \qquad \{z = re^{i\varphi},\ \rho(x) = \rho[1-\alpha(r)]\};$$

si r_n^a désigne le module du $n^{\text{ième}}$ zéro de $f(z)+a$, on voit que le rapport $\frac{r_n^0}{r_n^a}$ dépend de la variation de $\alpha(x)$ et peut dépasser tout nombre donné; ce rapport aura une limite fonction de ρ seulement dans le cas $\lim\alpha(x) = 0$.

3. Le théorème de M. Wiman relatif aux fonctions d'ordre inférieur à $\frac{1}{2}$ se précise de la façon suivante : si $f(z)$ est d'ordre inférieur à 1, et d'ordre précisé $\rho[1-\gamma(x)]$, il existe une infinité de cercles de rayons $r_1, r_2, \ldots, r_s, \ldots$ ($\lim r_s = \infty$), sur lesquels on a

$$\log|f(r_s e^{i\varphi})| \geqq [\cos(\pi\rho) - \varepsilon_s] \log M(r_s), \qquad \lim_{s=\infty} E_s = 0;$$

et cette égalité a lieu pour les valeurs de $\gamma(x)$ voisines des minima [3].

On en déduit que ρ étant quelconque (plus grand que un), on a sur une suite de cercle r_s (théorème de M. Borel)

$$|f(z)| > [M(r)]^{-2p+1} \qquad (p > \rho \geqq p-1);$$

---

(1) J'ai déjà indiqué la valeur de cette limite (*Nouvelles Annales*, 1912) pour $p = 0, 1, 2$ et $\lim_{x=\infty}\beta(x) = 0$.

(2) Les conditions imposées par M. Boutroux à $\beta(x)$ sont en effet moins restrictives

$$\frac{\rho - p - 1}{p+1} < \beta + \beta' x \log x < \frac{\rho - p}{p}.$$

(3) M. Littlewood avait montré (*Proceedings of the London Mathematical Society*, 2, 6) que

$$\log|f(r_s e^{i\varphi})| > [\cos(2\pi\rho) - \varepsilon_s] \log M(r_s);$$

voir aussi Wiener, *Inaugural Dissertion*, Göttingen, 1911.

ou encore que sur ces cercles $|f(z)|$ ne peut rester fini sur des arcs de longueur totale supérieure à $\frac{2p-1}{p}\pi$ (généralisation d'un théorème de M. Phragmen).

4. La réciproque de la proposition conduisant à l'égalité (3) peut se démontrer dans les conditions suivantes : si pour $f(z)$ les arguments des zéros ont pour limite π et si l'on a pour $z = r$

$$\log f(z) = (-1)^p [1 + \varepsilon(r)] r^{\rho(r)},$$

$\rho(r) = \rho[1 - \alpha(x)]$, la relation entre n et r_n sera

$$n = (1 + \varepsilon_n) \frac{\sin[\pi\rho(r_n)]}{\pi} r_n^{\rho(\varepsilon_n)},$$

en particulier on voit que si l'on appelle $\pm\alpha_1, \ldots, \pm\alpha_n$, les zéros de la fonction $\xi(t)$ de Riemann, on aura

$$n = \frac{\alpha_n \log \alpha_n}{2\pi} (1 + \varepsilon_n) \quad (^1).$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries et les familles de fonctions algébroïdes dans un domaine*. Note de M. **Georges Rémoundos**, présentée par M. Émile Picard.

1. Je me propose, dans cette Note, de faire connaître de nouveaux résultats concernant les séries et les familles de fonctions algébroïdes dans un domaine.

Je tiens d'abord à indiquer d'une façon très précise la définition de la convergence uniforme donnée dans ma Note précédente (²).

(¹) Le théorème de M. Jensen donnerait

$$n = \frac{\alpha_n}{2\pi} \log \frac{\alpha_n}{2\pi e} + k\sqrt{\alpha_n}(\log \alpha_n)^{\frac{3}{2}} \qquad (k \text{ fini}),$$

et, par l'emploi de la relation $n(\alpha+1) - n(\alpha) = h \log \alpha$, la premiere formule de M. von Mangoldt, c'est tout ce que peut donner la formule de M. Jensen

$$\int_0^r \frac{n(x)}{x} dx = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \log |f(re^{i\varphi})| d\varphi,$$

puisque $n(x)$ est donné par une dérivation.

(²) *Sur les familles de fonctions algébroïdes* (*Comptes rendus*, 17 mars 1913).

Soient

$$(1) \qquad \varphi_1(z), \quad \varphi_2(z), \quad \ldots, \quad \varphi_n(z), \quad \ldots$$

une suite infinie de fonctions algébroïdes à un nombre fixe ν de branches et finies dans un domaine D et $\varphi(z)$ un ensemble fini de fonctions, dont le nombre total des branches dans le domaine D est égal à ν; désignons par $u_{n1}, u_{n2}, u_{n3}, \ldots, u_{n\nu}$ les valeurs de $u = \varphi_n(z)$ et par $w_1, w_2, w_3, \ldots, w_\nu$ les valeurs des $w = \varphi(z)$. Nous dirons que la série (1) converge *uniformément*, à l'intérieur de D, vers les fonctions $w = \varphi(z)$ si, D_1 étant un domaine quelconque complètement intérieur à D, on peut faire correspondre à chaque nombre positif ε un entier p, *tel que, pour* $n > p$ *et pour tout point* z *du domaine* D_1, *le Tableau des* ν^2 *nombres :*

$$\begin{array}{lllll} w_1 - u_{n1}, & w_1 - u_{n2}, & w_1 - u_{n3}, & \ldots, & w_1 - u_{n\nu}, \\ w_2 - u_{n1}, & w_2 - u_{n2}, & w_2 - u_{n3}, & \ldots, & w_2 - u_{n\nu}, \\ \ldots\ldots, & \ldots\ldots, & \ldots\ldots, & \ldots, & \ldots\ldots, \\ w_\nu - u_{n1}, & w_\nu - u_{n2}, & w_\nu - u_{n3}, & \ldots, & w_\nu - u_{n\nu} \end{array}$$

contienne au moins ν *différences de module inférieur à* ε.

Il est aussi utile de donner la définition suivante: Nous dirons que la série (1) converge en un point z_0 du domaine D, si avec les valeurs des

$$(2) \qquad \varphi_1(z_0), \quad \varphi_2(z_0), \quad \varphi_3(z_0), \quad \ldots, \quad \varphi_n(z_0), \quad \ldots$$

nous pouvons former ν séries convergentes :

$$(3) \qquad \left\{ \begin{array}{llllll} \alpha_{11}, & \alpha_{12}, & \alpha_{13}, & \ldots, & \alpha_{1n}, & \ldots, \\ \alpha_{21}, & \alpha_{22}, & \alpha_{23}, & \ldots, & \alpha_{2n}, & \ldots, \\ \ldots, & \ldots, & \ldots, & \ldots, & \ldots, & \ldots, \\ \alpha_{\nu 1}, & \alpha_{\nu 2}, & \alpha_{\nu 3}, & \ldots, & \alpha_{\nu n}, & \ldots, \end{array} \right.$$

en désignant, d'une façon générale, par $\alpha_{1n}, \alpha_{2n}, \alpha_{3n}, \ldots, \alpha_{\nu n}$ les ν valeurs de $\varphi_n(z_0)$; chacune de ces séries (3) contient une valeur et une seule de chaque terme de la série (2).

2. Nous établissons le théorème suivant :

I. *Soit une série*

$$(4) \qquad f_1(z), \quad f_2(z), \quad f_3(z), \quad f_n(z), \quad \ldots$$

de fonctions algébroïdes à un nombre fixe ν *de branches dans un domaine* D *et bornées dans le même domaine.*

Si cette série converge en une infinité de points du domaine D *ayant au moins un point de condensation (point-limite) à l'intérieur de* D, *elle converge uniformément dans tout l'intérieur de* D *vers des fonctions algébroïdes ou holomorphes dans* D, *dont le nombre total de branches est au plus égal à* ν.

C'est une extension aux fonctions algébroïdes dans un domaine des théorèmes bien connus de Stieltjes (¹) et de MM. Osgood (²), Arzelá (³), Montel (⁴) et Vitali (⁵) sur les fonctions holomorphes.

Nous remarquons que le théorème ci-dessus énoncé s'étend au cas plus général où les termes de la série considérée ne sont soumis qu'à la condition d'appartenir à une famille *normale* de fonctions algébroïdes à un nombre fixe ν de branches finies dans un domaine D. Nous obtenons ainsi une extension aux séries de fonctions algébroïdes dans un domaine du théorème général de M. Montel, établi dans son Mémoire récent : *Sur les familles de fonctions analytiques qui admettent des valeurs exceptionnelles dans un domaine* (*Annales de l'École Normale supérieure*, 3ᵉ série, t. XXIX, 1912, p. 531 et 532).

3. Nous établissons aussi les deux théorèmes suivants :

II. *Soit une famille* (F) *de fonctions* $u=f(z)$ *algébroïdes à un nombre fixe de branches dans un domaine* D. *Si, pour tous les points de ce domaine, toutes les fonctions de la famille satisfont à l'inégalité*

$$|u-\gamma|>q,$$

γ *étant un nombre quelconque fixe et* q *un nombre positif aussi fixe, cette famille est normale. En d'autres termes, la famille est normale lorsqu'elle admet un cercle exceptionnel quelconque fixe dans le plan* u.

(¹) *Correspondance d'Hermite et de Stieltjes*, t. II, lettres nᵒˢ 399 et 400, p. 368; *Recherches sur les fonctions continues* (*Annales de la Faculté de Toulouse*, t. VIII, 1894).

(²) *Annals of Mathematics*, 2ᵉ série, t. III, nᵒ 1, 1901.

(³) *Sulle serie di funzioni analitiche* (*Rendiconti dell. R. Accad. delle Scienze di Bologna*, 1902-1903).

(⁴) *Sur les suites infinies de fonctions* (*Annales de l'École Normale*, 3ᵉ série, t. XXIV, 1907, p. 307).

(⁵) *Sopra le serie di funzioni analitiche* (*Rendiconti del R. Ist. Lombardo*, 2ᵉ série, t. XXXVI, 1903, p. 772, et *Annali di Matematica pura ed applicata*, 3ᵉ série, t. X, 1904, p. 73).

C'est une extension aux familles de fonctions algébroïdes dans un domaine d'un théorème de M. Montel (voir P. Montel, *travail ci-dessus cité*, 1912, p. 493 et 494).

III. *Soit* (f) *la famille composée de toutes les fonctions* $u = a(z)$ *définies par l'équation*

$$(5)\qquad \sigma(z, u) = u^{\nu} + A_1(z)u^{\nu-1} + A_2(z)u^{\nu-2} + \ldots + A_{\nu-1}(z)u + A_{\nu}(z) = 0,$$

où les $A_1(z)$, $A_2(z)$, ..., $A_{\nu}(z)$ *désignent des fonctions régulières en* $z = 0$:

$$(6)\qquad \begin{cases} A_1(z) = a_1 + b_1 z + \ldots, \\ A_2(z) = a_2 + b_2 z + \ldots, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ A_{\nu}(z) = a_{\nu} + b_{\nu} z + \ldots, \end{cases}$$

les coefficients a_1, b_1, a_2, b_2, ..., a_{ν}, b_{ν} *étant fixes, tandis que les coefficients non écrits sont des paramètres variables, et supposons que les nombres* b_1, b_2, ..., b_{ν} *ne soient pas tous nuls.*

Si nous considérons l'ensemble (E) *des valeurs u qui satisfont à l'inégalité*

$$|u - \gamma| < q,$$

γ *étant un nombre fixe différent des racines de l'équation*

$$b_1 x^{\nu-1} + b_2 x^{\nu-2} + \ldots + b_{\nu-1} x + b_{\nu} = 0$$

et q un nombre positif quelconque aussi fixe, il existe un cercle

$$(7)\qquad |z| < R = R(\nu, \gamma, q, a_1, a_2, \ldots, a_{\nu}, b_1, b_2, \ldots, b_{\nu}),$$

dont le rayon est fixe, ne dépendant que des nombres ν, γ, q, a_1, a_2, ..., a_{ν}, b_1, b_2, ..., b_{ν} [et nullement des paramètres variables des séries (6)], *à l'intérieur duquel toute fonction de la famille* (f) *ou bien prend au moins une fois une valeur de l'ensemble* (E), *ou bien admet un point singulier transcendant* [*c'est-à-dire : elle n'est pas algébroïde dans le cercle* (7) *si elle n'y prend aucune valeur de l'ensemble* (E)]. *Le rayon* R *doit satisfaire à l'inégalité*

$$(8)\qquad R > \frac{2}{q^{\nu}} \frac{|\gamma^{\nu} + a_1\gamma^{\nu-1} + a_2\gamma^{\nu-2} + \ldots + a_{\nu-1}\gamma + a_n|^2}{|b_1\gamma^{\nu-1} + b_2\gamma^{\nu-2} + \ldots + b_{\nu-1}\gamma + b_{\nu}|}.$$

Nous en concluons qu'aucune fonction $u = f(z)$ de la famille (f) algébroïde et finie dans le cercle de centre origine et de rayon plus grand que (8) ne saurait admettre, dans ce cercle, un domaine exceptionnel du plan u renfermant complètement dans son intérieur le cercle $|u - \gamma| < q$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la méthode de Graeffe*. Note [1]
de M. **G. Pólya**, présentée par M. Hadamard.

La question qui fait l'objet de cette Note m'a été proposée par M. Runge, lequel a bien voulu m'honorer de ses conseils pendant mes recherches.

D'après la méthode de Graeffe [2], on calcule approximativement les racines d'un polynome, en formant successivement les équations auxquelles satisfont les puissances 2ièmes, 4ièmes, 8ièmes, 16ièmes, ... des racines du polynome proposé. On peut montrer que, par la même méthode, les valeurs absolues des racines d'une série de puissances quelconque peuvent être infiniment approchées.

D'une manière plus précise : soient

$$\alpha_1, \quad \alpha_2, \quad \alpha_3, \quad \ldots, \quad \alpha_n, \quad \ldots,$$
$$|\alpha_1| \leqq |\alpha_2| \leqq |\alpha_3| \leqq \ldots \leqq |\alpha_n| \leqq \ldots$$

les racines de l'équation

$$f(x) = 1 + a_1 x + a_2 x^2 + \ldots a_n x^n + \ldots = 0$$

rangées par ordre de module croissant, intérieures au cercle de convergence, chacune écrite avec son ordre de multiplicité. En formant les coefficients de la série de puissances

$$f(x) f(\omega x) f(\omega^2 x) \ldots f(\omega^{k-1} x) = 1 + a_{1,k} x^k + a_{2,k} x^{2k} + a_{3,k} x^{3k} + \ldots,$$

où

$$\omega = e^{\frac{2\pi i}{k}},$$

on a les théorèmes suivants :

I. *Si* $|\alpha_n| < |\alpha_{n+1}|$, *ou s'il y a seulement n racines à l'intérieur du cercle de convergence de* $f(x)$, *on a*

$$\lim_{k=\infty} \alpha_1^k \alpha_2^k \alpha_3^k \ldots \alpha_n^k a_{n,k} = (-1)^n.$$

II. *Si* $|\alpha_n| = \alpha_{n+1}|$, $\limsup_{k=\infty} |\alpha_1^k \alpha_2^k \alpha_n^k \ldots a_{n,k}|$ *est un nombre entier positif.*

III. *S'il y a seulement n — 1 racines à l'intérieur du cercle de convergence*

---

[1] Présentée dans la séance du 31 mars 1913.

[2] Runge, *Praxis der Gleichungen*, 1900, p. 157-182.

(de rayon ρ), on a

$$\limsup_{k=\infty} \sqrt[k]{|a_{n,k}|} \leq \frac{1}{|\alpha_1\alpha_2\ldots\alpha_{n-1}|\rho}.$$

Considérons la suite

$$\frac{1}{\overline{\lim}\sqrt[k]{|a_{1,k}|}}, \quad \frac{\overline{\lim}\sqrt[k]{|a_{1,k}|}}{\overline{\lim}\sqrt[k]{|a_{2,k}|}}, \quad \frac{\overline{\lim}\sqrt[k]{|a_{2,k}|}}{\overline{\lim}\sqrt[k]{|a_{3,k}|}}, \quad \ldots,$$

dans laquelle on ne considérera que les termes précédant le premier qui soit supérieur ou égal au rayon de convergence, ou précédant le premier terme qui devient infini. Des théorèmes précédents, on conclut que les termes de cette suite donnent les modules de toutes les racines de l'équation

$$f(x) = 0,$$

intérieures au cercle de convergence, rangées par ordre de module croissant, chacune des racines étant obtenue avec son ordre de multiplicité.

Ces théorèmes présentent une grande analogie avec certains théorèmes de M. Hadamard [1], mais la méthode résultant de ces théorèmes est entièrement différente de celle proposée par M. Hadamard pour le calcul des modules des racines. On voit clairement les analogies et les différences des deux méthodes en étudiant le problème suivant : Calculer les modules des racines de $f(x)$, étant donnés les coefficients t_1, t_2, t_3, ... de la dérivée logarithmique de $f(x)$

$$\frac{f'(x)}{f(x)} = t_1 + t_2 x + t_3 x^2 + \ldots.$$

La différence essentielle est la suivante : Pour calculer le produit des n premières racines, on envisage, d'après M. Hadamard, la racine $k^{\text{ième}}$ du déterminant

$$\begin{vmatrix} t_{k+1} & t_{k+2} & \ldots & t_{k+n} \\ t_{k+2} & t_{k+3} & \ldots & t_{k+n+1} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots\ldots \\ t_{k+n} & t_{k+n+1} & \ldots & t_{k+2n-1} \end{vmatrix}.$$

Ce déterminant est une certaine fonction rationnelle et entière des $2n-1$ coefficients *consécutifs* $t_{k+1}, t_{k+2}, \ldots, t_{k+2n-1}$. Nous avons envisagé, dans le même but, la racine $k^{\text{ième}}$ de $a_{n,k}$, $a_{n,k}$ étant une certaine fonction

[1] HADAMARD, *Essai sur l'étude des fonctions données par leur développement de Taylor* (*Journal de Mathématiques*, 4e série, t. VIII, 1892). Voir aussi HADAMARD, *La série de Taylor* (*Scientia*), 1901, p. 38-48 et 91-93.

rationnelle et entière des n coefficients *équidistants* $t_k, t_{2k}, t_{3k}, \ldots, t_{nk}$. $a_{n,k}$ s'exprime au moyen de $t_k, t_{2k}, \ldots, t_{nk}$ comme la $n^{\text{ième}}$ fonction symétrique élémentaire s'exprime au moyen des n premières sommes de puissances, seulement tous les termes sont pris avec le signe $+$.

Pour démontrer ces théorèmes, on s'appuie sur cette remarque simple, que dans l'hypothèse du théorème I, on a

$$\frac{f'(x)}{f(x)} = \frac{1}{x-\alpha_1} + \frac{1}{x-\alpha_2} + \ldots + \frac{1}{x-\alpha_n} + b_1 + b_2 x + b_3 x^2 + \ldots,$$

la série $\sum_1^\infty b_n x^{n-1}$ convergeant dans un cercle du rayon *plus grand* que $|\alpha_n|$. De cette remarque, moyennant l'égalité

$$1 + a_{1,k}x^k + a_{2,k}x^{2k} + \ldots = \left(1 - \frac{x^k}{\alpha_1^k}\right)\cdots\left(1 - \frac{x^k}{\alpha_n^k}\right) e^{\frac{b_k}{1}x^k + \frac{b_{2k}}{2}x^{2k} + \ldots},$$

on passe, par des calculs simples, aux théorèmes I, II, III. La démonstration des réciproques, qui est le point le plus difficile dans la théorie des pôles de M. Hadamard, ici se fait d'elle-même, les cas possibles étant peu nombreux, et étant tous épuisés par les théorèmes I, II, III.

J'exposerai ces recherches d'une façon détaillée dans un autre Recueil. On trouvera aussi dans ce travail quelques indications sur le calcul pratique, où l'on ne considère que les valeurs de k qui sont des puissances de 2.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les caractéristiques des systèmes d'équations aux dérivées partielles.* Note de M. **Gunther**, présentée par M. Hadamard.

1. Les systèmes d'équations aux dérivées partielles les plus généraux ont été jusqu'ici abordés principalement par deux méthodes : celle de M. Riquier et celle de M. Delassus.

La seconde d'entre elles, exposée dans les Mémoires *Extension du théorème de Cauchy aux systèmes les plus généraux d'équations aux dérivées partielles* et *Sur les systèmes algébriques et leurs relations avec certains systèmes d'équations aux dérivées partielles*, n'embrasse pas, il est vrai, tous les cas possibles [1].

---

[1] Cette circonstance m'a été également signalée par M. Robinson (Baltimore).
H.

Par exemple le système

$$p_{200}=0, \qquad p_{110}=0, \qquad p_{020}=0,$$

où $p_{\alpha_1,\alpha_2,\alpha_3}=\dfrac{\partial^3 u(x_1,x_2,x_3)}{\partial x_1^{\alpha_1}\,\partial x_2^{\alpha_2}\,\partial x_3^{\alpha_3}}$, ne peut pas être mis sous la forme indiquée dans le Mémoire *Extension, etc.*

Le système

$$(ax+by+cz)^2=0, \qquad (a'x+b'y+c'z)^2=0,$$
$$(ax+by+cz)(a'x+b'y+c'z)=0$$

ne peut pas être mis sous la forme indiquée dans le Mémoire *Sur les systèmes, etc.*

Dans mes recherches, je prends comme point de départ les systèmes S, définis par M. Ch. Riquier au commencement du Chapitre X de son Livre : *Sur les systèmes d'équations aux dérivées partielles.*

2. Supposons que

$$(1) \qquad \left\{\begin{array}{l} \displaystyle\sum_{s=1}^{s=k}\sum_{\alpha} \mathrm{A}^{(i,s)}_{\alpha_1,\alpha_2,\ldots,\alpha_m}\, p^{(s)}_{\alpha_1,\alpha_2,\ldots,\alpha_m}+\ldots=0 \qquad (i=1,2,\ldots,\mathrm{L}),\\ \qquad\qquad \alpha_1+\alpha_2+\ldots+\alpha_m=n_s,\end{array}\right.$$

soient toutes les équations de cote n du système S prolongé, en supposant que les cotes des fonctions inconnues $u_1, u_2, \ldots, u_k$ soient respectivement égales à $n-n_1, n-n_2, \ldots, n-n_k$; soit

$$(2) \qquad u_i=u_i(x_1, x_2, \ldots, x_m) \qquad (i=1, 2, \ldots, k)$$

une intégrale ordinaire (au sens de M. Riquier) du système S.

Je nomme *caractéristique* située sur l'intégrale (2) la surface

$$(3) \qquad \omega=x_m-\psi(x_1, x_2, \ldots, x_{m-1})=0,$$

si la fonction $\psi(x_1, x_2, \ldots, x_{m-1})$ est solution d'un système d'équations aux dérivées partielles, obtenues en égalant à zéro les déterminants d'ordre k de la matrice

$$(4) \qquad |\,\varphi_i^{(1)}, \varphi_i^{(2)}, \ldots, \varphi_i^{(k)}\,| \qquad (i=1, 2, \ldots, \mathrm{L}),$$

où

$$(5) \qquad \varphi_i^{(s)}=\sum_{\alpha}(\mathrm{A}^{(i,s)}_{\alpha_1,\alpha_2,\ldots,\alpha_m})\,\omega_1^{\alpha_1}\omega_2^{\alpha_2}\ldots\omega_m^{\alpha_m}, \qquad \alpha_1+\alpha_2+\ldots+\alpha_m=n_s;$$

$\omega_i = \frac{\partial\omega}{\partial x_i}$ et $(A^{(i,s)}_{\alpha_1,\alpha_2,\ldots,\alpha_m})$ est le résultat de la substitution dans la fonction $A^{(i,s)}_{\alpha_1,\alpha_2,\ldots,\alpha_m}$, aux u et à leurs dérivées, de leurs valeurs calculées par les équations (2).

Si l'on regarde comme données les valeurs sur la surface (3) des dérivées des fonctions (2) ayant une cote moindre que n, les valeurs sur la surface (3) des dérivées de cote n sont déterminées par les équations du système S prolongé, sauf dans le cas où la surface (3) est une caractéristique.

3. Soient

$$\Phi_1 = 0, \quad \Phi_2 = 0, \quad \ldots, \quad \Phi_T = 0 \tag{6}$$

les équations obtenues en égalant à zéro les déterminants d'ordre k de la matrice (4).

Les fonctions (6) ne sont identiquement nulles à la fois que dans le cas où toutes les dérivées d'une des fonctions (2) sont paramétriques.

Excluons ce cas et appliquons à la discussion du système (6) la méthode de Kronecker. Nous trouvons, en numérotant les inconnues d'une façon convenable, que le système (6) est vérifié par la fonction

$$\omega_1 = \psi_1(\omega_2, \omega_3, \ldots, \omega_m)$$

ou par les fonctions

$$\omega_1 = \psi_1(\omega_3, \omega_4, \ldots, \omega_n), \qquad \omega_2 = \psi_2(\omega_3, \omega_4, \ldots, \omega_n),$$

ou, en général, par les fonctions

$$\omega_i = \psi_i(\omega_{s+1}, \omega_{s+2}, \ldots, \omega_m) \qquad (i = 1, 2, \ldots, s). \tag{7}$$

4. Le système (7), dans lequel $\omega_i = \frac{\partial\omega}{\partial x_i}$, est complet, si le rang de la matrice

$$\left\| \left(\frac{\partial\Phi_j}{\partial\omega_1}\right), \quad \left(\frac{\partial\Phi_j}{\partial\omega_2}\right), \quad \ldots, \quad \left(\frac{\partial\Phi_j}{\partial\omega_m}\right) \right\| \qquad (j = 1, 2, \ldots, T), \tag{8}$$

dans laquelle $\left(\frac{\partial\Phi_j}{\partial\omega_t}\right)$ est le résultat obtenu en substituant aux $\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_s$ leurs valeurs (7), dans $\frac{\partial\Phi_j}{\partial\omega_t}$, est égal à s.

5. Nommons la surface (3) caractéristique du genre s, si le rang de la matrice

$$\left\| \left[\frac{\partial\Phi_j}{\partial\omega_1}\right], \quad \left[\frac{\partial\Phi_j}{\partial\omega_2}\right], \quad \ldots, \quad \left[\frac{\partial\Phi_j}{\partial\omega_m}\right] \right\| \qquad (j = 1, 2, \ldots, T), \tag{9}$$

dans laquelle $\left[\frac{\partial \Phi_j}{\partial \omega_l}\right]$ est le résultat de la substitution dans $\frac{\partial \Phi_j}{\partial \omega_l}$ au lieu des x_m, ω_j des fonctions Φ, $\frac{\partial \Phi}{\partial x_j}$, est égal à s.

La détermination des valeurs, sur la surface (3) du genre s, des dérivées de cote n des fonctions (2), dépend de l'intégration d'un système d'équations aux dérivées partielles à une inconnue, du premier ordre, composé de s équations.

6. Ce dernier système est complet, si le nombre s est égal à un certain nombre σ, complètement déterminé par le système S, l'intégrale (2) et la surface (3).

7. Si $s = \sigma$, la caractéristique (3) peut être trouvée en intégrant un système (7) composé de s équations.

Inversement, si la caractéristique (3) du genre s est trouvée en intégrant le système (7), tel que le rang de la matrice (8) soit égal à s, on a toujours l'égalité $s = \sigma$.

8. La plus grande partie de mon travail est consacrée à la généralisation des résultats de M. Goursat [*Recherches sur la théorie des caractéristiques* (*Annales de Toulouse*, t. VIII)] aux systèmes de M. Riquier. Ici apparaît le rôle essentiel de certaines lignes, que je nomme, conformément à la terminologie de M. Hadamard, les *bicaractéristiques*.

ÉLECTRICITÉ. — *Réception au morse de radiotélégrammes et inscription photographique simultanée.* Note (1) de M. **Albert Turpain**.

Comme illustration du fonctionnement des relais extra-sensibles que j'ai décrit dans une précédente Communication récente (2), je soumets à l'Académie le radiotélégramme que reproduit la figure 1, tel qu'il a été photographié à Poitiers au moyen de mes relais à cadre armé d'un minuscule miroir ($1^{mm} \times 2^{mm}$).

Alors que les relais à corde nécessitent pour les conditions de fonctionnement optimum les champs magnétiques les plus intenses, les relais à cadre présentent ces conditions optimum pour des champs magnétiques beaucoup moindres. Il m'a suffi d'envoyer dans le puissant électro-aimant

(1) Présentée dans la séance du 17 mars 1913.
(2) *Comptes rendus*, 10 mars 1913.

que j'utilise un courant de $0^{\alpha},52$ pour obtenir l'inscription photographique de la figure 1. En général, le champ magnétique doit être tel que la résistance du circuit (formé soit du cadre seul, soit du cadre associé en série avec un téléphone qui permet de suivre au son la transmission) soit légèrement inférieure ou tout au plus égale à la résistance critique du galvanomètre dans ces conditions. On obtient alors, comme le montre la figure 1, une dissociation très complète des signaux.

La meilleure manière de procéder au réglage des relais extra-sensibles à cadres consiste à munir les cadres du minuscule miroir ($1^{mm} \times 2^{mm}$) et à rechercher par des inscriptions photographiques les conditions donnant la meilleure dissociation des signaux. Lorsqu'on les a obtenues, il suffit de régler l'approche de la boucle de fil d'argent de $\frac{2}{100}$ de millimètre de diamètre qui forme le contact du relais. On trouve aisément la position qui correspond pour cette boucle au bon fonctionnement du cadre comme relais. Une fois réglé le relais reste constant et garde un contact sûr.

La figure 1 représente une inscription photographique faite dans la nuit du 10 au 11 mars 1913 à Poitiers (300^{km} de la Tour Eiffel), le 10 mars de $23^h 43^m 30^s$ à $23^h 52^m 10^s$. Le graphique doit être lu de droite à gauche. Il commence en O et suit O AA′ BB′ CC′ DD′ F. Le cylindre inscripteur photographique a été déplacé trois fois, le tour s'achevant en 130 secondes. On trouve très nettement inscrits et dissociés : les signaux avancés de $23^h 45^m$, $23^h 47^m$ et $23^h 49^m$, et les tops de ces signaux horaires. Les —, — — —, — — — — —, qui constituent ces signaux avancés, sont complètement distincts. On voit même que ce jour-là l'astronome de l'Observatoire envoya par mégarde un point entre l'avant-dernier et le dernier trait du signal avancé de $23^h 45^m$. J'ai très nettement perçu ce point, étant attentif à ce moment au téléphone afin de relever à la seconde près l'état du chronomètre. Après les signaux horaires on voit la dépêche chiffrée relative aux centièmes de seconde qui donne, à cette approximation près, l'heure du 1er et du 180e des 180 tops qui avaient été envoyés vers $23^h 30^m$. Cette inscription est également des plus distinctes.

Les deux groupes 30 00 17 . . 32 55 66 qui signifient : heure du 1er top, $23^h 30^m 00^s,17$; heure du 180e top, $23^h 32^m 55^s,66$, ont été transmis trois fois. Comme toute l'inscription, cette dépêche doit être lue de droite à gauche. Les quelques irrégularités qu'elle présente doivent être attribuées à l'imperfection du mouvement d'horlogerie du cylindre inscripteur qui avance par saccades comme le montrent les traces laissées par les minutes de silence.

En même temps que cette inscription était relevée photographiquement, un appareil Morse ordinaire se trouvait actionné par la méthode des deux relais en cascade que j'ai précédemment indiquée. La figure 1 porte la transcription même des signaux Morse obtenus.

Je joins à cette Communication (*fig.* 2) une pellicule Kodak sur laquelle se sont inscrits, le même soir (10 mars 1913 à $23^h 30$) simultanément les

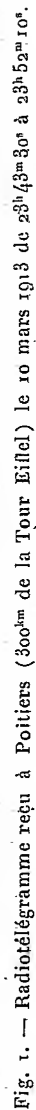


Fig. 1. — Radiotélégramme reçu à Poitiers (300^{km} de la Tour Eiffel) le 10 mars 1913 de $23^h 43^m 30^s$ à $23^h 52^m 10^s$.

Fig. 2. — Reproduction d'une pellicule Kodak obtenue le 10 mars 1913 à $23^h 30^m$.

premiers tops envoyés par la Tour à $\frac{1}{50}$ de seconde les uns des autres et les secondes successives d'un chronomètre à contact de Fénon.

De même que les 60e et 120e tops sont omis par la Tour pour repérage, les 60es battements du chronomètre ne produisent pas de contact. Le film montre très nettement le chevauchement des tops et des secondes, leur coïncidence, leur désaccord, puis une nouvelle coïncidence. On y relève encore l'absence des 60e seconde et 60e top. L'élongation la plus grande est relative aux secondes, la moindre aux tops, ainsi qu'une lecture attentive du film le démontre d'ailleurs. Au moyen de ce film on peut donc situer l'état du chronomètre étudié au $\frac{1}{100}$ de seconde près par la méthode que j'ai indiquée dans une précédente Communication (*Comptes rendus*, 17 février 1913).

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur la réflexion des rayons de Röntgen.* Note de M. **M. de Broglie**, présentée par M. E. Bouty.

La connaissance des images présentées par les rayons de Röntgen quand ils rencontrent des cristaux, s'est accrue d'un nouveau phénomène depuis que M. W.-L. Bragg (1) a montré qu'un pinceau de ces rayons frappant une lame de mica clivée, sous une incidence rasante, éprouve une réflexion régulière. MM. Barkla (2) et Hupka (3) ont signalé depuis l'existence de franges dans l'image réfléchie.

En utilisant le dispositif déjà employé pour de précédentes expériences (4) j'ai obtenu une série de résultats dont l'interprétation est encore incertaine; mais qui apportent au moins une contribution à la question :

1° Lorsqu'un pinceau de Röntgen, légèrement divergent, frappe à 80° de la normale une face d'un cube de sel gemme, de façon que le plan d'incidence soit aussi parallèle à une face cubique, on observe un grand nombre d'images de réflexion (plus de cinquante).

Parmi celles-ci un groupe est particulièrement intense et s'observe seul avec des poses courtes (30 minutes), il comprend des taches disposées sur une ellipse presque circulaire; la trace du rayon incident prolongé et la

(1) *Nature* (anglaise), décembre 1912.
(2) *Nature*, février 1913.
(3) *Nature*, mars 1913.
(4) M. de Broglie, *Comptes rendus*, 31 mars 1913.

tache de réflexion régulière (qui suit les lois de Descartes) se trouvent sur le grand axe de cette ellipse (la plaque photographique est normale au *rayon réfléchi régulièrement*) (*fig.* 1 et 2).

Toutes ces images sont striées de franges perpendiculaires au plan d'incidence; ces franges présentent la disposition montrée par la figure 1. Elles existent aussi, mais plus espacées, dans les images plus éloignées du centre du phénomène (images non reproduites sur la planche).

Il est naturel d'interpréter ces figures comme des images provenant de réflexions régulières sur des plans remarquables, pour lesquels le rayon incident resterait rasant; en fait, si l'on calcule la position des images réfléchies que donneraient certains plans remarquables du réseau cristallin, notamment les faces du dodécaèdre, on trouve bien les positions de certaines taches des plaques photographiques.

2° Si l'on fait varier le plan d'incidence (1) en maintenant toujours l'incidence rasante, mais de façon que ce plan soit incliné sur les faces cubiques, le diagramme se déforme, de nouvelles images apparaissent, dont une semble toujours correspondre à la réflexion régulière, et les franges sont généralement plus écartées et plus visibles (*fig.* 3 et 4).

3° Avec un pinceau de Röntgen incliné à 80° sur un axe ternaire (magnétite) le diagramme présente encore des taches, dont les plus intenses sont encore sur une ellipse presque circulaire (même apparence avec la wulfénite); mais les taches de la magnétite sont striées par deux systèmes de franges inclinées) (*fig.* 5).

4° Il est facile de constater, en observant des diagrammes obtenus par transmission, suivant le dispositif de M. Laue, que les images obtenues présentent souvent des franges; certaines plaques montrent plus de cent images striées parallèlement. Les taches et les stries ne sont pas influencées par un champ magnétique de 10000 unités, disposé perpendiculairement au rayon incident (*fig.* 6).

5° Le phénomène de la réflexion des rayons de Röntgen s'observe également avec des miroirs cristallins métalliques, par exemple sur une face de bismuth.

6° Après 2 heures de pose, rien n'apparaît comme image réfléchie si l'on tente l'expérience dans les mêmes conditions avec un plan optique de verre (flint).

---

(1) Si l'on fait varier l'incidence, en maintenant fixe le plan d'incidence, les ellipses presque circulaires s'élargissent ou se rétrécissent.

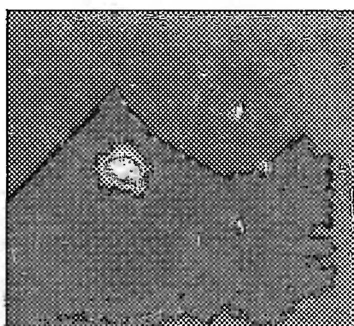


Fig. 1.
Réflexion sur une face cubique de sel gemme, incidence de 80°; la tache de gauche est due au rayon incident qui a traversé le cristal, la tache de droite est la tache de réflexion ordinaire.

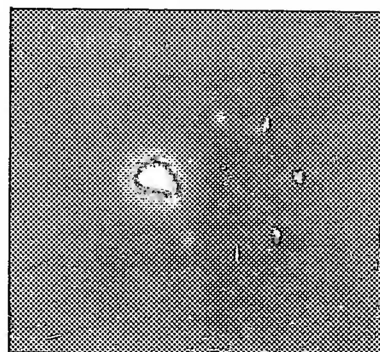


Fig. 2.
Disposition analogue à la précédente; la moitié de gauche est due au faisceau transmis, la moitié de droite au faisceau réfléchi.

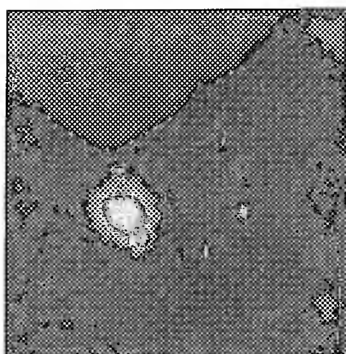


Fig. 3. — Fluorine.
Même disposition que les figures 1 et 2, mais le plan d'incidence, toujours perpendiculaire à une face du cube est incliné sur les autres, effet analogue à celui qu'on observe en dirigeant sous le même angle un faisceau de lumière ordinaire sur un réseau croisé à mailles carrées de 5μ de côté.

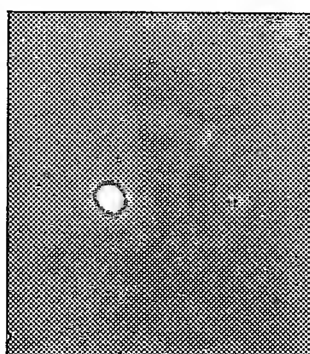


Fig. 4. — Sel gemme.
Disposition analogue à la figure 3. Trois franges dans les faisceaux réfléchis.

Dans les figures 1, 2, 3, 4, 5 la plaque est perpendiculaire au rayon réfléchi et située à 41^{mm} du cristal.



Fig. 5.
Réflexion sur une face octaédrique de la face magnétite. Deux systèmes de franges dans les taches.

Les figures 1, 2, 3, 4, 5 ne reproduisent pas les images plus faibles, mais bien visibles sur les plaques et qui rappellent également par leurs dispositions les images de réflexion et de diffraction que présentent les réseaux croisés pour des incidences rasantes.

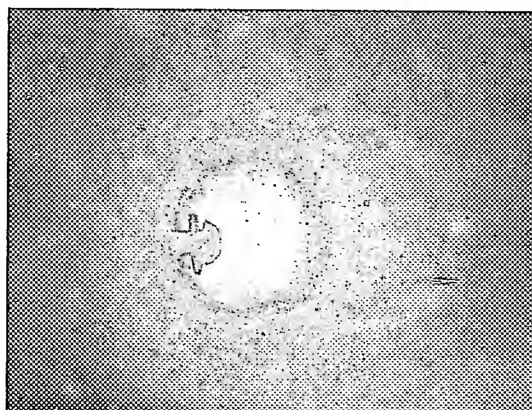


Fig. 6.
Taches de transmission de la magnétite.
Dispositif de Laue, franges dans toutes les taches; rayon incident parallèle à un axe ternaire.

7° Peut-être les cristaux fortement réfringents comme le diamant, la wulfénite sont-ils susceptibles de donner des images de réflexion sous des incidences moins rasantes que les autres; cela pourrait expliquer certains résultats des premières expériences de M. Laue.

8° La disposition des images, dans les figures 1 à 5 (complétées par les taches plus faibles et plus éloignées qui sont visibles sur les clichés, mais ne figurent pas sur la planche ci-jointe), présente une analogie frappante avec les spectres fournis par la lumière ordinaire tombant à incidence presque rasante sur un réseau croisé à mailles carrées (5^{μ}).

PHYSIQUE. — *Sur la variation de résistance électrique du sélénium irradié par les rayons X et les rayons du radium.* Note de M. **H. Guilleminot**, présentée par M. P. Villard.

L'étude de l'action des rayons X et des rayons du radium sur la résistance du sélénium a déjà donné lieu à de nombreux travaux. Les recherches que je poursuis depuis plus d'un an sur ce sujet, me paraissent avoir apporté quelques résultats intéressants.

Mon dispositif expérimental consiste en un pont de Wheatstone fait de 10000^{ω} dans chacune des branches supérieures et d'une résistance réglable de 350000^{ω} dans l'une des inférieures. La cellule de sélénium placée dans la quatrième branche est de la construction Ancel; elle mesure 9^{cm^2}. Elle est protégée par une feuille de mica que j'ai recouverte de deux feuilles de papier aiguille rigoureusement opaques à la lumière, et d'un volet de plomb de 1^{cm} d'épaisseur, s'ouvrant à volonté. Le galvanomètre est un Chauvin et Arnoux à miroir, dont l'échelle est à 85^{cm}.

J'ai dressé un Tableau des chutes de résistance correspondant aux degrés de déviation de l'index pour chaque résistance initiale, en mettant à la place de la cellule de sélénium une boîte de résistances portée successivement à des résistances initiales de 100000^{ω}, 110000^{ω}, ..., 300000^{ω}, et dans chacun de ces cas j'ai abaissé la résistance de 1000^{ω}, 2000^{ω}, ..., 10000^{ω} en observant les déviations du galvanomètre.

J'ai dressé des courbes dans lesquelles les résistances initiales sont portées en abscisses, les déviations en ordonnées. Chaque courbe correspond à une chute de résistance donnée de 1000^{ω} en 1000^{ω}, de 0^{ω} à 100000^{ω}. Il est facile ainsi de convertir, à simple lecture, les déviations en chute ohmique, connaissant la résistance initiale.

La cellule de sélénium que j'ai en expérience varie de résistance *avec la température* dans les proportions suivantes : de 330000^{ω} à 3° centigrades, elle passe à 254000^{ω} à 10° environ; à 200000^{ω} à 15°; à 150000^{ω} à 20°, etc. Ces variations se font très lentement et la cellule est toujours longue à se mettre en équilibre avec la température ambiante. Elle est d'ailleurs fixée dans une boîte en bois. Par contre,

elle est d'une sensibilité remarquable à des variations minimes de température. La présence d'une personne dans le laboratoire suffit pour diminuer la résistance. Aussi ne peut-on obtenir la fixité absolue, mais seulement un régime de variation constant et facile à déterminer par une observation préalable de 5 minutes, précédant chaque expérience.

La cellule varie aussi de résistance *avec le voltage;* ainsi la résistance qui, à 18°, sous 4 volts est de 167000$^\omega$, passe à 177000$^\omega$ sous 1 volt, et n'est plus que de 148000$^\omega$ sous 10 volts, 118000$^\omega$ sous 20 volts, etc. Mais j'ai toujours opéré sous le voltage constant de 4 volts aux bornes du pont, et quand, par le fait même des chutes de résistance dues à l'irradiation, le voltage aux bornes de la cellule subit une variation, cette variation n'est que de l'ordre du centième de volt (il passe de 3,87 volts à 3,80 volts par exemple, quand la résistance passe de 300000$^\omega$ à 190000$^\omega$), ce qui n'entraîne qu'une erreur de quelques centaines d'ohms au maximum.

Voici comment j'opère pour étudier l'action des rayons X et des rayons du radium. Durant 5 minutes, j'observe avant chaque expérience le régime de variation de la cellule. Si, du fait des variations thermométriques, la résistance varie de plus de 250$^\omega$ par minute, j'ajourne l'expérience. Au-dessous de 250$^\omega$, j'apporte une correction dans les résultats. Ensuite, je soumets la cellule à l'action du rayonnement durant 4 minutes.

Le Tableau suivant indique les chutes de résistance, en fonction du temps, données par un rayonnement X moyen (n° 5 à 7, Benoist), quand son intensité est de une unité $\mathfrak{M}$ mesurée par mon procédé fluoroscopique de comparaison avec un étalon de radium ([1]).

R. initiale.	Chute de résistance en fonction du temps.									
	15^s.	30^s.	45^s.	1^m.	1^{m}30^s.	2^m.	2^{m}30^s.	3^m.	3^{m}30^s.	4^m.
140000......	10500$^\omega$	15000$^\omega$	18000$^\omega$	20000$^\omega$	22100$^\omega$	23200$^\omega$	24000$^\omega$	24300$^\omega$	24700$^\omega$	25000$^\omega$
150000......	11600	16800	20500	23000	25200	26500	27500	28100	28500	29000
160000......	12800	18500	23200	26100	28400	29800	31000	31800	32300	32900
170000......	14100	20500	26000	29300	32200	34000	35500	36500	37000	37400
180000......	15600	23000	29000	32700	36000	38000	40000	41000	42000	42500
190000......	17400	25200	32000	35900	39500	42300	44500	46000	47000	47500
200000......	19000	27800	34500	39000	43500	46800	49000	50500	51800	52200
210000......	21000	29900	37000	42000	47000	50900	53500	55100	56500	57400
220000......	22500	32000	39500	45000	51000	55000	58000	60000	61300	62200
230000......	24100	34200	42000	48100	55000	59400	62500	64800	66100	67200
240000......	25800	36500	44500	51000	59000	64000	67200	69200	71000	72200
250000......	27500	38800	47000	54200	62800	68000	71500	74000	75300	77000

([1]) En valeur absolue, c'est l'intensité du rayonnement qui, agissant normalement sur la solution chloroformique d'iodoforme à 2 pour 100 de Freund-Bordier, et suivant 1$^{cm^2}$ de surface et 1^{cm} de profondeur, libère $1^g.10^{-8}$ d'iode en un temps égal à 1 seconde.

Ces chiffres m'ont permis de dresser les courbes caractéristiques de l'unité de rayonnement pour chaque résistance initiale. J'ai fait les mêmes mesures pour des rayonnements de $0^{\mathfrak{M}},5$, $0^{\mathfrak{M}},25$, etc., et pour le rayonnement du radium.

Il est difficile de conserver un tube à rayons X à l'état stable. C'est à l'aide du tube Villard que j'ai pu obtenir une constance suffisante pour établir mes moyennes; en général, les tubes varient d'une façon assez notable au cours des quatre premières minutes de fonctionnement.

J'ai utilisé ces résultats : 1° pour apprécier précisément le degré de constance des tubes; 2° pour des mesures radiométriques plus précises que celles données par la fluorométrie; 3° pour le calcul de l'absorption par les filtres.

CHIMIE MINÉRALE. — *Réduction de la magnésie par l'aluminium.* Note de M. **Camille Matignon**, présentée par M. H. Le Chatelier.

J'ai établi qu'un système chimique constitué par des corps solides peut toujours évoluer dans un autre système équivalent, sous la seule influence d'une température convenable, pourvu que le dernier système contienne un ou plusieurs gaz. Ce fait est d'ailleurs indépendant du signe thermique de la réaction, la chaleur intervenant seulement en signe et en quantité, pour décider si la réaction est réversible ou non ([1]).

Il y a là, comme on le voit, une analogie avec le phénomène physique de la sublimation, analogie seulement partielle, car ici le phénomène est toujours réversible. Tout corps solide suffisamment chauffé peut théoriquement être amené à l'état de vapeur. Bien entendu, si le corps se détruit avant d'atteindre la température où la vaporisation est manifeste, l'émission de vapeur se trouvera masquée.

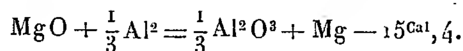
De même, dans le cas envisagé, il faudra nécessairement qu'aucun des corps constituants des systèmes initial et final ne se décompose avant d'atteindre la température nécessaire à la transformation.

Par conséquent, au point de vue pratique, la réaction sera effectivement réalisable si les deux systèmes sont formés par des corps suffisamment stables et réfractaires pour permettre d'atteindre la région de possibilité de

([1]) C. Matignon, *Conditions de possibilité de certaines réactions formant des systèmes monovariants* (*Annales de Chimie*, 8e série, t. XIV, 1908, p. 31).

la transformation, avec cette condition primordiale que le système final seul contienne des termes gazeux.

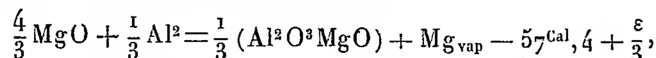
Considérons le système $MgO + \frac{1}{3}Al^2$ équivalent au système $\frac{1}{3}Al^2O^3 + Mg$



$$MgO + \frac{1}{3}Al^2 = \frac{1}{3}Al^2O^3 + Mg - 15^{Cal},4.$$

La réaction, à partir des corps solides, est certainement impossible, comme cela résulte de son endothermicité jointe à sa symétrie; mais à température convenable le magnésium devient gazeux alors que les autres corps sont réfractaires et non volatils. (Le fait que l'aluminium devient liquide ne change rien à la règle énoncée au début), de plus l'endothermicité n'est pas bien élevée, de sorte qu'il apparaît comme probable que, dans les régions de température où le magnésium est volatil et les autres corps sans émission de vapeur, il sera possible de manifester la transformation.

Remarquons d'abord qu'une réaction secondaire probable, l'union de la magnésie avec l'alumine formée, aurait pour effet de diminuer encore la valeur absolue de la quantité thermique. La réaction deviendrait alors



$$\frac{4}{3}MgO + \frac{1}{3}Al^2 = \frac{1}{3}(Al^2O^3MgO) + Mg_{vap} - 57^{Cal},4 + \frac{\varepsilon}{3},$$

en tenant compte de la chaleur de vaporisation de la molécule de magnésium, Mg, évaluée approximativement à 42^{Cal} et de la chaleur ε résultant de l'union de l'alumine et de la magnésie.

Ces considérations m'ont engagé à essayer la réduction de la magnésie par l'aluminium, quoiqu'il parût bien établi que cette réduction soit impossible. En effet, dans l'élégante métallurgie de Goldschmidt, la réduction des oxydes métalliques de chrome, de manganèse, etc., s'effectue dans des appareils brasqués en magnésie, seule matière réfractaire économique n'intervenant pas dans la réaction. Quoique les réactions aluminothermiques, par suite de leur grande exothermicité et de leur vitesse notable, réalisent souvent des températures fort élevées, on n'a jamais constaté jusqu'ici la réduction des parois en magnésie.

J'ai pu cependant mettre facilement cette réduction en évidence.

La poudre d'aluminium, débarrassée des matières grasses qui la souillent, par des lavages répétés à la benzine et à l'éther, est mêlée intimement avec de la magnésie lourde dans les proportions de $MgO + \frac{1}{3}Al^2$; le mélange est comprimé en pastilles qui sont placées dans un tube en acier chauffé lui-même dans un tube en porcelaine. Les pastilles, logées au fond du tube d'acier, sont dans la région la plus chaude, tandis que l'extrémité ouverte du même tube aboutit à une extrémité froide. On évite ainsi l'action des vapeurs réductrices sur les parois du tube de porcelaine. Pendant l'opé-

ration, le vide est maintenu dans l'appareil. Dans ces conditions, l'aluminium réduit facilement la magnésie à la température de 1200°, le magnésium mis en liberté vient se déposer en magnifiques cristaux dans les régions froides du tube d'acier. La réduction commence d'ailleurs bien au-dessous de cette température, mais avec une vitesse fort ralentie. La transformation est pratiquement complète; par exemple, un mélange initial contenant 62,50 pour 100 de magnésie n'en renfermait plus que 18 pour 100 après réaction.

Cette nouvelle réaction de l'aluminium constitue une véritable méthode de préparation du magnésium, susceptible de concurrencer la méthode électrolytique, la seule en usage actuellement. En effet cette réduction est commode, elle fournit un rendement théorique sans arrêt de la réduction à l'aluminate de magnésie et, d'autre part, la métallurgie électrique de l'aluminium se fait avec un bien meilleur rendement que celle du magnésium.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Formation de matières humiques par action de polypeptides sur les sucres*. Note de M. **L.-C. Maillard**, présentée par M. Armand Gautier.

La facilité avec laquelle j'ai pu reproduire les matières humiques naturelles par réaction des acides aminés sur les sucres réducteurs (1), m'a conduit à me demander si un phénomène du même genre ne s'observerait pas avec les polypeptides. L'action des acides aminés sur les sucres repose en effet sur la présence, dans leur molécule, d'un groupe NH^2 capable de réagir avec la fonction aldéhydique ou cétonique des sucres, et d'un groupe carboxyle dont la scission se traduit par un dégagement de CO^2. Or la chaîne des polypeptides, quelle que soit sa longueur, se termine toujours par deux extrémités libres NH^2 et COOH : il est intéressant de savoir si les groupements intermédiaires empêchent, ou non, cette molécule de réagir à la façon d'un simple acide aminé. J'ai pris d'abord un dipeptide, la *glycyl-glycine* $H^2N.CH^2.CO - NH.CH^2.COOH$, dont les échantillons, contrôlés purs, provenaient de l'hydrolyse partielle de la cyclo-glycyl-glycine obtenue par ma méthode (2).

Xylose et glycyl-glycine. — La remarquable sensibilité du xylose, que j'ai signalée déjà vis-à-vis des aminoacides simples, se retrouve ici. Dans un petit vase maintenu à 75°, on place 0g,5 de glycyl-glycine, 2g de xylose, et 3-4cm³ d'eau. Au bout de 10 minutes, la coloration jaune est déjà bien nette; elle est forte après 15 minutes, presque brune après 20 minutes, d'un brun noir opaque après 23 minutes.

(1) *Comptes rendus*, t. 154, 8 janvier 1912, p. 66; et t. 155, 23 décembre 1912, p. 1554.

(2) *Comptes rendus*, t. 153, 27 novembre 1911, p. 1078.

Après 1 heure 50 minutes, on observe déjà de fines bulles de CO^2 dans la masse, qui au bout de 2 heures est abondamment vacuolisée. Les phénomènes se poursuivent comme dans le cas du glycocolle; au bout de quelques heures on voit s'insolubiliser une partie du produit, qui se transforme tout entier en une masse de pellicules insolubles si on le maintient sur le bain-marie pendant 2 ou 3 jours en renouvelant la petite quantité d'eau lorsqu'il est nécessaire.

La matière brune ainsi formée se comporte exactement comme celle qui dérive du glycocolle; insoluble dans l'eau bouillante et les solutions acides, elle se dissout partiellement dans la potasse et dans l'ammoniaque; la neutralisation des solutions alcalines précipite des flocons bruns. La matière se dissout dans l'acide sulfurique concentré, lentement à froid, rapidement à chaud : la solution sulfurique, d'un brun noir, régénère la matière en flocons noirâtres lorsqu'on la verse dans un excès d'eau.

La réaction se produit aussi à température plus basse, bien qu'avec plus de lenteur : à 40°, il faut environ 24 heures pour donner au mélange la coloration brun foncé; à 34°, environ 40 heures sont nécessaires.

Glucose et glycyl-glycine. — Avec le glucose se produisent les mêmes phénomènes qu'avec le xylose, bien que plus lentement, l'expérience étant d'ailleurs disposée de la même façon. A 75°, il faut environ 20 minutes pour obtenir une légère coloration jaune, 50 minutes pour arriver au brun opaque; le dégagement de CO^2 est bien net au bout de 2 heures. Après 3 à 4 jours, la masse est tout entière insolubilisée et présente les mêmes caractères que celle qui dérive du xylose, ou que celle qui résulte de l'action du glycocolle sur le glucose. Pour arriver au maximum de coloration brune, avant dégagement de CO^2, il faut environ 40 heures à 40°, 80 heures à 34°.

En résumé, les phénomènes, dans le cas de la glycyl-glycine, se poursuivent exactement comme dans le cas du glycocolle et des acides aminés libres, à la vitesse près. L'exemple du dipeptide choisi montre qu'on peut rencontrer des polypeptides capables d'intervenir, à la façon des aminoacides eux-mêmes, dans la genèse des matières humiques. La voie étant ainsi ouverte, il suffira de multiplier des essais très simples pour savoir jusqu'où s'étend cette propriété dans le domaine des polypeptides et des matières protéiques.

Provisoirement, j'ai étudié trois échantillons de *peptones* commerciales, qui tous ont manifesté la même propriété : une peptone de Witte, une peptone d'albumine, une peptone granulée dont le mode de préparation n'est pas indiqué. Celle-ci était la plus active : à 110°, il suffisait de 45 minutes en présence du xylose, et de 1 heure 15 minutes environ en présence du glucose, pour obtenir le dégagement de CO^2 dans la masse brune opaque. Les autres peptones agissaient moins rapidement, mais de la même façon. Ces expériences n'auraient d'ailleurs une valeur définitive que si nous connaissions les espèces chimiques qui composent les peptones, et si nous étions sûrs qu'elles ne renferment pas d'acides aminés libres.

MINÉRALOGIE. — *Sur le polymorphisme de la codéine, de la thébaïne, de la narcotine et sur un nouveau type de sphérolite.* Note de M. **Paul Gaubert**, transmise par M. A. Lacroix.

La narcotine, la codéine, la thébaïne et quelques autres alcaloïdes extraits de l'opium peuvent être surfondues, devenir solides sans cristalliser et conserver l'état vitreux plusieurs jours et même plusieurs mois. Ils sont tous polymorphes et fournissent un excellent exemple du fait connu depuis longtemps que la surfusion et la sursaturation sont en général plus facilement réalisées avec les substances polymorphes qu'avec celles qui ne présentent qu'une forme cristalline. Dans cette Note, je vais m'occuper seulement de la codéine, de la thébaïne et de la narcotine.

Les observations ont été faites sur une lame de verre et les préparations recouvertes d'une lamelle couvre-objet ont été chauffées sur le bloc Maquenne.

Codéine. — Les cristaux de codéine anhydre se produisant au-dessus de 60° environ sont les seuls stables à toutes les températures et appartiennent à la forme décrite par Arzruni, c'est-à-dire qu'ils sont rhombiques et hémiédriques (forme α).

A la température ordinaire, il se forme des sphérolites à accroissement extrêmement lent et dont l'enroulement dextrogyre [1] se fait autour de l'indice moyen n_m. Le pas de l'hélice est très régulier et c'est n_g qui est la bissectrice aiguë (forme β).

Vers 40°, il se produit encore des sphérolites à enroulement hélicoïdal dextrogyre autour de l'indice moyen, mais ils diffèrent de ceux de la forme β par le pas de l'hélice qui y est deux fois plus petit et par la largeur relative des anneaux correspondant aux deux sortes de bissectrices, par suite de l'écartement plus faible des axes optiques (forme γ).

De 45° à 60°, il peut se produire deux sortes de sphérolites enroulés autour de l'indice n_g, mais, dans les uns, le pas de l'hélice est très grand et l'enroulement est dextrogyre et, dans les autres, le pas de l'hélice est petit et l'enroulement est lévogyre. Je désigne ces deux formes δ et ε.

Les intervalles de température correspondant à la formation de ces diverses formes ne sont pas très fixes, probablement à cause de la présence d'impuretés. Ainsi à 45°, on peut obtenir les formes γ, δ et ε sur la même préparation.

---

(1) Pour la définition du sens de l'enroulement, voir Fréd. Wallerant, *Bull. de la Soc. franç. de Minér.*, t. XXX, 1907, p. 43. Pour déterminer ce sens, j'ai employé la grande platine de Fedoroff. La direction du déplacement des anneaux, lorsque la platine bascule autour de l'axe faisant 45° avec la section principale des nicols, indique le mode d'enroulement.

Toutes ces formes enroulées sont stables à la température ordinaire et peuvent persister indéfiniment les unes à côté des autres. Vers 100°, elles commencent à passer à la forme stable α. Parfois, par suite de l'orientation des particules de cette dernière sur celle des particules instables, les sphérolites de la forme β restent transparents, conservent leur structure, mais leur biréfringence est modifiée. Avec les formes δ et ε, l'enroulement disparaît, mais l'allongement optique des fibres reste positif.

Thébaïne. — La thébaïne fondue et refroidie sur une lame de verre donne des cristaux stables biaxes et très réfringents. Quand la substance est tout à fait visqueuse, il peut-se produire des sphérolites appartenant à la même forme et à fibres très larges montrant un enroulement dextrogyre à très grand pas d'hélice (forme α).

A la température ordinaire, la cristallisation peut reprendre, mais très lentement, et il se forme alors des sphérolites instables à enroulement et à anneaux très serrés, moins biréfringents que ceux de la forme α. Ils passent à la forme stable quand on les chauffe (thébaïne β).

Vers 70°, apparaissent de très beaux sphérolites à larges anneaux et dont l'enroulement dextrogyre se fait autour de l'indice n_g; ils appartiennent très probablement à la forme précédente.

Dans les préparations de thébaïne, il peut se produire à la température ordinaire, dans les parties vitreuses, des formations très intéressantes. Des fibres isolés appartenant à la forme β tournent autour d'un axe de manière à constituer une hélice à un nombre de pas plus ou moins élevé (jusqu'à 15). L'édifice peut être comparé à un goupillon à crins servant à nettoyer les tubes. L'ensemble correspond à une fibre radiale d'un sphérolite à enroulement hélicoïdal; mais alors que dans cette dernière l'élément qui tourne est invisible et correspond probablement à la particule cristalline, ici il est représenté par une fibrille et même par un cristal. On a un fait semblable, mais avec un enroulement beaucoup plus complet, à celui présenté par les cristaux tordus de quartz du Valais, étudiés par M. Tschermak.

Narcotine. — La narcotine, refroidie au-dessus de 80°, donne des cristaux isolés ou des sphérolites simples (forme α) et, à la température ordinaire, des sphérolites à enroulement et instables (forme β).

Entre 50° et 80° il se produit une forme instable (γ) donnant des sphérolites constituant un type nouveau. Ils sont transparents, incolores (1) à fibres invisibles, très réguliers et, ce qui est caractéristique, leur biréfringence s'élève graduellement du centre à la périphérie, comme si l'épaisseur de la préparation allait en augmentant. L'étude optique de ces sphérolites montre que l'orientation des particules cristallines varie d'une façon continue sur une même fibre radiale. Au centre, un axe optique est presque perpendiculaire à la préparation et cet axe s'incline de plus en plus à mesure qu'on va vers la périphérie. Il ne m'a pas été possible de voir si les particules, après avoir présenté une biréfringence maximum, s'orientent de manière à présenter la biréfringence qu'elles possèdent au centre des sphérolites, ces derniers étant trop petits.

---

(1) Les sphérolites à enroulement hélicoïdal sont bleus par réflexion, surtout lorsque le pas de l'hélice est très petit.

On voit donc que les composés étudiés sont intéressants non seulement par leur polymorphisme (codéine, 5 formes cristallines; narcotine, 3; thébaïne, 2), mais aussi par les formations sphérolitiques curieuses qu'ils présentent.

MINÉRALOGIE. — *La célestine des terrains sédimentaires*. Note de M. L. Collot, transmise par M. A. Lacroix.

Lorsque la célestine et la barytine ont été signalées dans les terrains sédimentaires, c'est à l'état de cristaux plus ou moins volumineux, de veinules, de concrétions, qu'on a volontiers attribués à des apports de sources minérales, qui dénotent tout au moins une remise en mouvement et une concentration très marquées de ces substances ([1]). Il n'en est pas de même du cas que j'ai à présenter aujourd'hui. Il s'agit ici de cristaux submicroscopiques disséminés dans la pâte d'un calcaire compacte, faisant donc partie intégrante de la roche.

Au point 748^m à partir de la tête nord du tunnel du Mont-d'Or (ligne de Frosne à Vallorbe), les travaux, qui avaient traversé des plis couchés vers le nord, d'infra-crétacé et de molasse miocène, se sont trouvés dans les couches de Purbeck.

Celles-ci, par suite des mouvements orogéniques, sont réduites en une brèche de blocs calcaires englobés dans une masse argileuse, représentant le produit de la rupture et du mélange des bancs. Un de ces blocs, d'apparence crayeuse, d'un gris très clair, montre des traînées irrégulières, en gros parallèles à la stratification, de points sombres. Ceux-ci, isolés par l'acide chlorhydrique, ont formé un sable très fin, gris et brillant. Avec une bonne loupe on y distingue des cristaux atteignant au plus $1^{mm},5$ de longueur sur $0^{mm},25$ de largeur. Ils paraissent appartenir au type VI de M. A. Lacroix (*Minéralogie de la France*). Ils fournissent nettement les réactions de la célestine. Les uns sont transparents, d'autres ont la surface couverte d'un enduit cristallin de pyrite.

J'ai retrouvé le même calcaire à célestine dans le Purbeck voisin de l'entrée sud du tunnel de Labergement.

Enfin dans les matériaux sortis de la carrière souterraine de gypse purbeckiens au nord-est de Dampierre, dans la plaine de Pontarlier, j'ai ren-

([1]) La célestine des caillasses du Lutétien de Paris, qui offriraient quelque analogie par la dissémination et la petitesse de ses cristaux avec ceux que je signale ici, est encore dans un agrégat très cristallin provenant de l'épigénie du gypse, avec quartz et fluorine (A. Lacroix, *Minéralogie de la France*, t. IV, p. 120).

contré des agrégats de cristaux de célestine, avec de la marne, du calcaire crayeux à corbicules, du calcaire fibreux, du gypse grenu blanc, du quartz calcédonieux à grains de pyrite épigénisée en limonite.

Ces agrégats forment de petites plaquettes irrégulières, à la surface desquelles pointent assez nettement des cristaux d'environ $1^{mm},5$ sur $0^{mm},33$. Leur forme dominante paraît être a^2 (102), allongée suivant a. Ici il doit y avoir eu concentration postérieure de la célestine qui était si finement disséminée dans les calcaires précédents.

L'attribution d'une origine purement sédimentaire, par l'eau salée, à notre célestine, se trouve en harmonie avec les faits révélés par les sondages sous-marins : le strontium, de même que le baryum, se rencontre dans l'argile rouge des grands fonds (¹).

Je profite de cette Note pour dire que les cristaux un peu oblitérés, épigénisés en calcite, existant à la surface des ammonites pyriteuses de la zone à *Am. Renggeri* du Jura, doivent être rapportés à la célestine. Je les avais, par analogie avec les ammonites calloviennes et aptiennes de la Provence, attribués à la barytine (²). Depuis lors, j'ai étudié des échantillons moins altérés, qui m'ont donné nettement les réactions de la célestine. Quelques ammonites et une térébratule prises au même niveau, à Arc-sous-Montenot (Doubs), ont même montré dans leur intérieur de la célestine inaltérée, largement clivable et avec faces brillantes. L'ébullition avec les carbonate et sulfate de potasse (³) n'a pas laissé de résidu appréciable pouvant donner la réaction du baryum. Dans les concrétions quartzeuses du même horizon, à Palente, près Besançon, ce sont encore des cristaux de célestine qui sont confusément englobés.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur l'évolution des principes minéraux et de l'azote chez quelques plantes annuelles.* Note de M. G. **André**, présentée par M. A. Gautier.

Dans deux publications récentes (*Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 1627 et 1817), j'ai montré que l'orge, cultivée dans un bon sol arable, ne perdait, au cours de sa végétation, jusqu'à l'époque de la maturité complète, ni azote, ni phosphore, ni soufre, ni chaux, ni magnésie, mais que les

(¹) Colett, *Les Dépôts marins*, p. 304.
(²) Collot, *Comptes rendus*, 20 nov. 1905.
(³) A. Lacroix, *Minéralogie de la France*, t. IV, p. 55.

alcalis seuls, potasse et soude, subissaient, entre l'époque de la floraison et celle de la maturation, un déchet notable.

Cette élimination des bases alcalines chez les céréales est d'ailleurs un fait connu depuis longtemps et généralement accepté.

J'ai poursuivi la recherche de l'évolution des principes minéraux chez trois plantes annuelles : la spergule (*Spergula arvensis*), le lin (*Linum usitatissimum*) et la caméline (*Camelina sativa*), appartenant à trois familles différentes, en vue d'examiner si ces principes allaient toujours en croissant jusqu'à la maturité complète du végétal ou si quelques-uns d'entre eux éprouvaient, à une époque donnée, une diminution qui fût imputable à un retour des éléments de la plante vers le sol. Or, tous les éléments minéraux, ainsi que l'azote total, chez les trois végétaux étudiés ici, ont sans cesse augmenté de poids jusqu'à maturité complète, sous les quelques réserves formulées ci-après.

I. La spergule a été semée le 4 avril 1912; le semis a été éclairci lorsque les plantes avaient atteint un certain degré de développement, de façon à laisser entre chaque sujet une distance de 10^{cm} environ. L'expérience a été poursuivie jusqu'au 29 juillet, époque à laquelle la fructification était complète. Les plantes étaient encore vertes, elles ne portaient plus de fleurs et la plupart de leurs graines étaient arrivées à maturité; quelques-unes étaient déjà tombées. Voici les époques auxquelles ont été effectués les prélèvements : I, 29 mai, plante entière, début de la floraison chez quelques pieds; II, 14 juin, floraison générale, début de la fructification chez quelques sujets; III, 28 juin, fructification, quelques pieds portent encore des fleurs; IV, 15 juillet, fructification, plus de fleurs; V, 29 juillet, fructification complète.

Les prélèvements comportaient de 300 à 500 plantes; le Tableau ci-après se rapporte à 100 sujets séchés à 110°. Les initiales R. et P. A. signifient *Racines* et *Parties aériennes* (tiges, feuilles, inflorescences).

Il ressort de l'examen de ces chiffres que les poids de la matière sèche, de l'azote total, des éléments minéraux P, S, Ca, Mg, K, Na ont augmenté régulièrement jusqu'à la fin de la végétation active de la plante. Il est possible que, à une époque ultérieure où la plante se serait desséchée sur place, certains de ces éléments eussent fait retour au sol, soit par voie d'excrétion, soit par chute d'organes; mais rien de semblable ne paraît s'être produit pendant le cours normal de la maturation du végétal considéré.

		Poids de matière à 110°.	Cendres totales.	Azote total.	Phosphore (calculé en PO^4H^3).	Soufre (calculé en SO^3).	CaO.	MgO.	K^2O.	Na^2O.
		g	g	g	g	g	g	g	g	g
I.	Plante totale..	38,79	6,749	1,307	0,450	0,159	0,814	0,415	2,055	0,182
II.	R........	8,31	1,190	0,092	0,075	0,038	0,082	0,057	0,195	0,026
	P. A......	165,45	20,102	1,881	1,538	0,876	2,068	1,356	5,658	0,661
	Total..	173,76	21,292	1,973	1,613	0,914	2,150	1,413	5,853	0,687
III.	R........	10,58	1,383	0,075	0,051	0,042	0,111	0,083	0,195	0,026
	P. A.....	276,00	23,349	2,787	1,738	1,104	2,842	2,263	7,728	1,131
	Total..	286,58	24,732	2,862	1,789	1,146	2,953	2,346	7,923	1,157
IV.	R........	11,06	0,975	0,073	0,022	0,025	0,109	0,073	0,202	0,043
	P. A......	474,41	43,455	5,171	2,324	1,613	5,360	2,704	12,002	1,138
	Total..	485,47	44,430	5,244	2,346	1,638	5,469	2,777	12,204	1,181
V.	R........	19,80	3,104	0,184	0,057	0,057	0,209	0,188	0,267	0,148
	P. A.....	683,75	59,417	8,341	2,529	1,777	8,205	4,786	14,016	1,504
	Total..	703,55	62,521	8,525	2,586	1,834	8,414	4,974	14,283	1,652

II. J'ai choisi en second lieu le lin, en raison de sa végétation et de sa fructification très rapides. Les prélèvements de ce végétal, semé au mois de mars 1912, ont eu lieu aux époques suivantes:

I, 29 mai, plante totale, non encore en fleurs; II, 14 juin, début de la floraison; III, 28 juin, début de la fructification, jaunissement des feuilles inférieures; IV, 15 juillet, fructification complète, plus de fleurs, chute de nombreuses feuilles; V, 29 juillet, fruits mûrs, tiges encore vertes, chute presque totale des feuilles.

Dans 100 pieds de lin séchés à 110° :

		Poids de matière à 110°.	Cendres totales.	Azote total.	Phosphore (calculé en PO^4H^3).	Soufre (calculé en SO^3).	CaO.	MgO.	K^2O.	Na^2O.
		g	g	g	g	g	g	g	g	g
I.	Plante totale...	6,83	0,685	0,171	0,047	0,052	0,113	0,029	0,210	0,027
II.	R.........	2,756	0,174	0,019	0,006	0,007	0,017	0,007	0,030	0,009
	P. A.......	21,570	1,645	0,322	0,138	0,131	0,256	0,073	0,487	0,045
	Total...	24,326	1,819	0,351	0,144	0,138	0,273	0,080	0,517	0,054
III.	R.........	4,449	0,197	0,025	0,008	0,005	0,023	0,007	0,036	0,007
	P. A.......	46,350	2,655	0,625	0,278	0,254	0,491	0,166	0,741	0,106
	Total...	50,799	2,852	0,650	0,286	0,259	0,514	0,173	0,777	0,113
IV.	R.........	6,375	0,380	0,030	0,011	0,015	0,035	0,008	0,042	0,012
	P. A.......	76,050	3,802	1,049	0,517	0,403	0,722	0,266	0,935	0,121
	Total...	82,225	4,182	1,079	0,528	0,418	0,757	0,274	0,977	0,133
V.	R.........	7,64	0,680	0,035	0,010	0,020	0,043	0,013	0,049	0,004
	P. A.......	83,74	3,475	1,222	0,544	0,293	0,619	0,251	0,887	0,175
	Total...	91,38	4,155	1,257	0,554	0,313	0,662	0,264	0,936	0,179

Jusqu'à la date du 15 juillet, c'est-à-dire à une époque où elle était encore munie de toutes ses feuilles, la plante a augmenté régulièrement de poids sec; ses éléments fondamentaux n'ont subi aucune perte. Entre le 15 et le 29 juillet, par suite de la chute des feuilles, le soufre total, la chaux, la magnésie et la potasse ont éprouvé des pertes plus ou moins notables, alors que les poids de l'azote et du phosphore continuaient à augmenter. On peut donc admettre que, tant que la plante est demeurée à peu près intacte et n'a pas perdu d'organes par dessiccation, les éléments minéraux fondamentaux n'ont cessé de s'accroître.

III. La caméline était en pleine fructification dès le 28 juin, et, jusqu'à cette époque, les matières salines et l'azote avaient subi un accroissement régulier. Je ne puis, faute de place, donner ici le Tableau de la composition de cette plante. Au delà du 28 juin, et pendant la maturation des fruits, la plante s'est dépouillée complètement de ses feuilles. Elle s'est desséchée et ses graines se sont éparpillées sur le sol.

BOTANIQUE. — *Bouturage comparé de vignes greffées et franches de pied.* Note de M. F. **Baco**, présentée par M. Gaston Bonnier.

J'ai montré, dans une précédente Note (¹), combien le greffage a, chez certains ceps, modifié diverses vignes landaises dans leurs caractères spécifiques, au sens général du mot. Poursuivant mes recherches, je me suis proposé de voir si les variations ainsi obtenues se maintenaient ou s'accentuaient par bouturage et si elles étaient accompagnées de changements dans le racinage.

En 1910, j'avais remarqué, dans un de mes champs d'expériences de Bélus (Landes), chez le Baroque et le Mourvèdre × *Rupestris* 1202, des variations sur quelques ceps. Ces ceps, associés au moyen de la greffe mixte, présentaient avec le franc de pied les différences suivantes :

(¹) F. Baco, *Sur des variations de vignes greffées* (*Comptes rendus*, 15 février 1909).

Baroque franc.	Baroque greffon.	1202 sujet.	1202 franc.
Feuilles jeunes colorées en vert pâle, foncé au pourtour du limbe.	Feuilles jeunes colorées en vert clair, rouge au pourtour du limbe.	Feuilles jeunes colorées en rouge violacé clair.	Feuilles jeunes colorées en rouge violacé.
Feuilles adultes, de couleur vert terne, ont leur face supérieure gaufrée et leur face inférieure pubescente; à l'automne, elles prennent une teinte assez uniforme; les pétioles sont vert clair.	Feuilles adultes, de couleur vert mat, ont leur face supérieure peu gaufrée et leur face inférieure mi-pubescente; à l'automne, elles prennent une teinte jaune avec taches vertes; les pétioles sont rouge violacé clair.	Feuilles adultes, de couleur vert brillant, ont leur face supérieure lisse et leur face inférieure glabre avec poils aux nervures; à l'automne, elles prennent une teinte ocreuse; les pétioles sont rouge vineux clair.	Feuilles adultes, de couleur vert foncé brillant, ont leur face supérieure lisse et leur face inférieure glabre; à l'automne, elles prennent une teinte rougeâtre; les pétioles sont rouge vineux.
Rameaux et vrilles colorés en vert clair.	Rameaux et vrilles colorés en rouge vineux.	Rameaux et vrilles colorés en rouge vineux assez intense.	Rameaux et vrilles colorés en rouge vineux très intense.
Végétation de vigueur moyenne peu ramifiée.	Végétation de vigueur surmoyenne bien ramifiée.	Végétation très vigoureuse ramifiée.	Végétation très vigoureuse très ramifiée.
Défoliation assez tardive.	Défoliation bien tardive.	Défoliation tardive.	Défoliation assez hâtive.
Résistance bonne au mildew.	Résistance élevée au mildew.	Résistance élevée au mildew.	Résistance très élevée au mildew.

Greffé sur d'autres sujets, le Baroque présentait aussi des modifications variables : sur 157^{11}, on remarquait, mais avec moins d'intensité, les mêmes anomalies que sur 1202 au regard du feuillage et des teintes, mais la végétation, plus vigoureuse, était peu ramifiée, et supérieure se montrait la résistance au mildew ; sur *Rupestris* du Lot, les changements intéressaient surtout la grosseur et la ramification des rameaux, la hâtiveté de la défoliation et la diminution dans la résistance au mildew ; sur 3309, on retrouvait des modifications analogues à celles de Baroque sur *Rupestris* du Lot, avec en plus une coloration des pampres rappelant celle constatée chez le Baroque sur 1202 ; sur 101^{14}, la végétation était très ramifiée et la défoliation hâtive, malgré une résistance bien élevée au mildew.

Le 10 février 1911, j'ai prélevé 10 boutures aussi comparables que possible sur chaque cep des huit types signalés. Je les ai placées séparément en bonne terre, meuble et homogène, à la même profondeur. Je les ai laissées en terre pendant 2 ans, sans leur donner d'autres soins que des sarclages et les traitements anticryptogamiques nécessaires pour les maintenir en bonne santé ; ces soins ont été donnés d'une façon uniforme. J'ai pu constater, principalement en 1912, et notamment le 28 août et le

20 octobre de cette année, que les caractères acquis à la suite de la greffe se sont maintenus, en particulier les colorations, le port, la vigueur, la défoliation, la résistance au mildew. Après l'arrachage, le 28 janvier 1913, j'ai encore constaté que l'appareil végétatif souterrain avait subi le contrecoup des variations de l'appareil aérien. Les plants provenant des ceps greffés présentaient avec ceux issus des francs de pied les différences suivantes :

Baroque de franc de pied. — Racines plongeantes (35°), charnues avec radicelles.

Baroque de 1202. — Racines mi-plongeantes (55°), charnues et assez riches en radicelles.

1202 *de Baroque.* — Racines traçantes (70°), bien charnues avec radicelles.

1202 *de franc de pied.* — Racines mi-plongeantes (55°), bien charnues et riches en radicelles.

Baroque de 157^{11}. — Racines mi-traçantes (60°), charnues et riches en radicelles.

Baroque de Rupestris *du Lot.* — Racines mi-plongeantes (50°), très charnues et bien riches en radicelles.

Baroque de 3309. — Racines mi-traçantes (65°), charnues et bien riches en radicelles.

Baroque de 101^{14}. — Racines mi-plongeantes (55°), mi-charnues et riches en radicelles.

On peut conclure de ces essais que, chez le Baroque et le 1202 greffés à Bélus, et aussi que chez ce *Vinifera* greffé sur 157^{11}, *Rupestris* du Lot, 3309 et 101^{14}, certaines variations spécifiques causées par le greffage se sont montrées héréditaires par bouturage et que les modifications de l'appareil végétatif aérien ont été accompagnées d'importantes variations spécifiques dans le racinage.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Téléphone physiologique intensif.* Note de M. **Jules Glover**, présentée par M. d'Arsonval.

Ce n'est pas par son intensité propre que le courant agit sur l'aimant récepteur dans le téléphone, mais bien par ses variations.

Il y a lieu, pour la sensibilisation précise de l'*oreille interne* et l'impression parfaite des centres auditifs, de chercher *à multiplier ces conditions de variation autant que les vibrations aériennes de la voix le permettent.*

Mais multiplier les conditions de variation autant que les vibrations aériennes de la voix le permettent ne consistera pas à multiplier le nombre

des microphones ou encore à rendre un certain nombre de microphones plus ou moins sensibles aux diverses intensités vocales par tension différente des membranes vibrantes.

Ceci ne donnerait qu'une multiplication des mêmes périodes d'oscillations sonores.

Multiplier les conditions de variation exige ici qu'on utilise pour l'oreille les variations d'action de la dynamique vocale, *nasale*, d'une part, *buccale* de l'autre, car alors se trouvent parallèlement engendrées des variations du courant microphonique de deux ordres, grâce à la dissociation des deux principaux timbres vocaux effectués par le fonctionnement vocal du voile du palais ([1]).

Une condition physiologique essentielle s'impose donc dans la construction de l'appareil. Il faut que l'action dynamique vocale soit dissociée au moment même de l'émission vocale pour être doublement mise à profit au point de vue électromagnétique et d'une façon différente pour le nez et la bouche. Ainsi, l'appréciation de la valeur dynamique de chaque élément sonore du langage, suivant les divers accents, sera effectuée par les microphones transmetteurs et perçue par l'oreille au niveau des microphones récepteurs.

Toute la voix sera utilisée dans l'élaboration des phénomènes électromagnétiques, alors qu'à l'heure actuelle presque une moitié de la voix est inutilisée.

Le fait peut expérimentalement être vérifié par l'enregistrement photographique de l'intensité des variations du courant microphonique à l'aide de l'oscillographe, et aussi par l'examen complémentaire des buées vocales et leur fixation sur des plaques de gélatine bichromatée. *Les tracés, les empreintes sont différents pour le nez et la bouche, suivant la hauteur, pour une même formation verbale.*

Jusqu'ici, c'est surtout sur la construction plus ou moins minutieuse des microphones en vue de leur sensibilité électromagnétique, sur les régimes et les canalisations électriques, sur l'automatisme que les perfectionnements ont porté, mais non sur l'application méthodique de l'étude physiologique raisonnée, de la voix à la téléphonie.

En se basant sur les considérations physiologiques qui précèdent, on peut réaliser un appareil permettant d'obtenir une amplification sonore considérable, une netteté extrême de la voix particulièrement précieuse

([1]) J. Glover, *Fonction vocale du voile du palais* (*Comptes rendus*, 27 mars 1911).

dans les transmissions à très longue distance et transocéaniques. Cet appareil évitera le fatigant travail mental, qui consiste à deviner souvent dans la conversation téléphonique les vibrations absentes.

Description de l'appareil. — L'appareil, dans son ensemble, se résume à une simple colonne portative supportant le crochet commutateur avec son combiné, formé de deux microphones transmetteurs ou de deux groupes de microphones transmetteurs de sensibilité différente pour le nez et la bouche et du récepteur.

L'ensemble est fixé aux deux extrémités d'un manche.

Les microphones sont utilisés ici directement en primaire, sans pile d'appel, sans pile de conversation, sans bobine d'induction. Et ils fonctionnent parfaitement sous le régime de la batterie centrale intégrale, sous un courant de 24 volts et plus encore, ainsi que sous tout autre régime électrique.

Ils peuvent aussi fonctionner parfaitement du reste sous un voltage moindre. La résistance uniforme des microphones forme dans l'ensemble un total de 150 ohms. Elle varie avec le nombre de microphones. On peut supprimer la bobine d'induction, car les variations d'intensité du courant dues aux vibrations de la voix sont suffisamment accentuées dans le circuit de ligne.

Toutefois la transmission semble amplifiée un peu avec la bobine. Enfin l'appareil comporte une sonnerie polarisée et un condensateur, qui est celui de la sonnerie.

L'*hygiène* peut être assurée dans les postes fixes publics par un dérouleur automatique de papier fin, qui permet d'interposer chaque fois ce papier fin entre les microphones, le nez et la bouche pour chaque communication.

En somme, ce perfectionnement physiologique du téléphone peut s'appliquer soit au régime actuel, soit au régime de la *batterie centrale*, système pour lequel l'énergie électrique utilisée à la fois en vue des transmissions vocales et des appels visuels et de supervision est pour le réseau tout entier produite par une batterie d'accumulateurs placée dans le bureau central et maintenue à un voltage donné.

Il n'est pas impossible que ce perfectionnement puisse être appliqué avec intérêt à la téléphonie sans fil.

ANATOMIE. — *Théorie mathématique de la loi géométrique de la surface du corps humain de dimensions proportionnelles quelconques.* Note [1] de M. **B. Roussy**, présentée par M. d'Arsonval.

Dans deux précédentes Notes [2] j'ai proposé une *méthode expérimentale* très pratique pour mesurer la surface de la peau de l'homme. Elle consistait :

---

[1] Présentée dans la séance du 17 mars 1913.

[2] *Comptes rendus*, t. 145, p. 139, et t. 153. p. 205.

1° A relever, avec soin, les périmètres des parties alternativement les plus *renflées* et les plus *rétrécies* de son corps et à diviser leur *somme*, L, par leur *nombre*, *n*, pour avoir le *périmètre moyen expérimental*, P^m :

$$P^m = \frac{L}{n}; \tag{1}$$

2° A déterminer la *hauteur périphérique moyenne totale*, H^p_m, suivant le procédé indiqué (*Comptes rendus*, 17 juillet 1911).

La surface totale, S, du corps est alors donnée par la formule

$$S = P^m \times H^p_m. \tag{2}$$

La surface ainsi obtenue est inférieure de 1 à 1,5 pour 100 à la surface réelle relevée *directement*, au moyen du revêtement de mousseline, selon le procédé de contrôle indiqué (*Comptes rendus*, 1er juillet 1907).

La part d'erreur qui revient à H^p_m, relevé directement, ne peut être que très minime.

Cette part d'erreur revient, presque entièrement, à l'insuffisance de P^m, insuffisance qui, multipliée par H^p_m, toujours beaucoup plus grande que P^m, donne une erreur de surface sensiblement plus étendue que ne le ferait celle qui pourrait être contenue dans H^p_m.

Il était nécessaire de préciser la valeur de cette insuffisance de P^m, de même que de contrôler, avec toute la précision possible, la surface obtenue au moyen du revêtement de mousseline.

La *théorie mathématique* de la surface du corps humain, faite aussi rigoureusement que possible, permettait seule d'atteindre l'un et l'autre but, avec certitude.

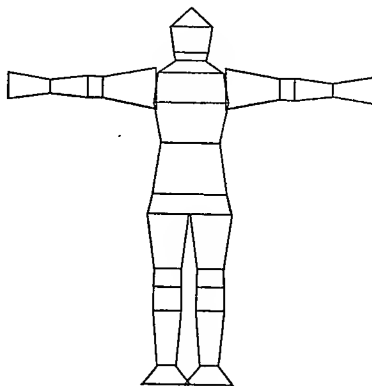
Ayant relevé, avec le plus grand soin, les hauteurs verticale et périphérique ou latérale moyenne de chacun des 26 segments plus ou moins coniques, limités par les périmètres déjà relevés sur les parties alternativement les plus renflées et les plus rétrécies de ce corps, il devient possible de faire, avec toutes ces mesures, une *construction géométrique* qui en représente la *forme abstraite*, comme l'indique la figure ci-contre.

Cette construction est formée de 26 troncs de cône *parfaits*. Mais on peut la réduire à 17, en fusionnant, séparément, les membres supérieurs et les membres inférieurs.

Quoi qu'il en soit, l'*étude géométrique* de l'une ou de l'autre construction permet de faire la *théorie mathématique* de sa surface latérale, qui correspond à celle du corps humain, de même que la théorie de son *périmètre*

moyen total, qui nous serviront de termes de comparaison pour contrôler les surfaces obtenues avec la formule $S = P^m \times H^p_m$ ou avec le revêtement de mousseline, ainsi que pour apprécier l'erreur contenue dans P^m.

Convenons que a représente l'apothème de chaque tronc de cône, p son



périmètre moyen, S la surface latérale totale des 26 troncs de cône, et π leur *périmètre moyen total* exact.

Remarquons que Σa est exactement égal à H^p_m.

La surface latérale de chaque tronc de cône étant égale à pa, la surface totale, S, des 26 troncs sera donnée par l'équation

$$S = \Sigma pa. \tag{3}$$

Ce premier calcul nous permet d'établir que la surface ainsi obtenue est, *presque rigoureusement*, égale à celle relevée *directement*, dans mes expériences, par le revêtement de mousseline, surface qui se trouve conséquemment contrôlée et confirmée. Et *vice versa*.

La formule (3) est la seule qui soit vraiment exacte. Malheureusement son emploi exige beaucoup trop de temps et est, de ce fait, peu pratique.

Reste à dégager la valeur du *périmètre moyen total* des 26 troncs de cône, périmètre que nous avons convenu de désigner par π.

Cette valeur nous sera donnée par l'équation

$$\pi = \frac{\Sigma pa}{\Sigma a}. \tag{4}$$

Elle peut être considérée, en un certain sens, comme un *périmètre moyen* et, à ce titre, rapprochée de P^m.

Elle est bien une *moyenne* de tous les périmètres moyens, mais chacun d'eux est affecté d'un *coefficient proportionnel* au *nombre n* de centimètres contenus dans l'apothème correspondant.

Dans ces conditions nous aurons l'équation

$$(5) \qquad \pi = \frac{\Sigma l}{\Sigma n}.$$

Au contraire, P^m n'est que la *moyenne brute* des périmètres des *deux bases* de tous les troncs de cône dont la *somme*, L, a été divisée par leur *nombre*, *n*, comme l'indique l'équation (1) : $P^m = \frac{L}{n}$.

Mais, bien que P^m et π soient différents, leurs *valeurs numériques* sont presque égales.

L'expérience démontre, en effet, que, pour l'organisme humain normalement proportionné, ayant, par exemple, 1^m de hauteur verticale et $152^{cm},32$ de hauteur périphérique moyenne (les membres inférieurs et supérieurs semblables ayant été fusionnés, séparément, en un seul), la longueur π est de $47^{cm},641$, alors que celle de P^m n'est que de $46^{cm},689$.

Cette différence de $0^{cm},952$ explique l'erreur de 1 à 1,5 pour 100 en moins sur la surface réelle qui est, presque exactement, de 72^{dm^2}.

Il est évident que cette différence de 1^{cm} vient de ce qu'il n'a pas été tenu compte, pour calculer P^m, contrairement à ce qui a été fait pour le calcul de π, des différences des longueurs des périmètres et des apothèmes.

Quoi qu'il en soit, on arrive ainsi à démontrer que la *loi expérimentale* $S = P^m \times H_m^p$ approche, de très près, la vraie *loi géométrique* $S = \pi \times \Sigma a$, égale à Σpa.

Il est permis d'espérer que ce rapprochement s'accentuera encore en perfectionnant la *méthode expérimentale* et surtout son maniement.

La connaissance de P^m et de π a, pour moi, une grande importance, parce que je lui fais jouer un rôle fondamental dans des recherches connexes en cours d'exécution.

La *surface* du corps humain devant être, selon moi, avec au moins autant de raison que la *taille*, le *poids*, le *volume*, etc., considérée comme une des bases les plus fondamentales de son anatomie et de sa physiologie, j'ai estimé qu'on ne saurait trop s'attacher à son étude et à la précision de sa connaissance.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Microzymas, coccolithes, vacuolides.* Note de M. **Raphaël Dubois**, présentée par M. Henneguy.

Dans un Livre récent (¹), M. H. Grasset a avancé que les organites élémentaires du bioprotéon, que j'ai appelés *vacuolides* et dont, depuis fort longtemps, j'ai décrit la structure intime et le fonctionnement comparables à ceux des leucites (²), correspondent aux *microzymas* de Béchamp.

Dans le carbonate de chaux préparé par précipitation, on ne trouve rien qui puisse être comparé aux vacuolides, mais Béchamp a dit que ce produit ne renfermait pas de microzymas. Il n'en est plus de même dans les différents échantillons de craie que j'ai examinés. J'y ai trouvé toujours, et en grande abondance, des corpuscules arrondis ou ovoïdes présentant au centre une vacuole.

La plupart de ces microéléments organisés ne dépassent pas le volume de nos vacuolides. Ils ne se dissolvent pas dans l'acide acétique dilué, qui permet, au contraire, de les isoler de la masse crayeuse. Cela n'est d'ailleurs pas nécessaire pour les observer : il suffit de délayer dans l'eau une petite parcelle d'un bâton de craie, d'en laisser sécher une goutte sur le porte-objet, puis d'ajouter une goutte de xylol et ensuite du baume du Canada, pour obtenir une préparation montée. Mais, *contrairement à mes vacuolides*, qui se colorent par la méthode préconisée par Regaud pour la coloration des mitochondries, ces petits organites ne prennent pas la coloration caractéristique de cette réaction. Je n'ai pu d'ailleurs les colorer par aucun des réactifs usuels. Cependant l'éosine, en certains points, paraît avoir pénétré dans la vacuole et teinté légèrement son contenu, parfois granuleux.

La partie périphérique semble creusée de canalicules extrêmement fins. La forme de ces corpuscules est généralement arrondie et parfois ovoïde.

Au mois de novembre dernier, j'ai soumis mes préparations à l'examen de M. le professeur Cayeux, du Collège de France, qui s'est occupé très spécialement de la craie, et il a reconnu dans ces organites des corpuscules décrits déjà sous le nom de *coccolithes*.

En raison de leur extrême abondance dans la craie, et, bien qu'ils ne

(¹) *Étude historique et critique sur la génération spontanée et l'hétérogénie*, p. 173. Champion, édit.; Paris, 1912.

(²) *Les vacuolides de la purpurase et la théorie vacuolidaire* (*Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 1507, et *Eight international Congress of applied Chemistry*, t. XIX, p. 91).

soient pas eux-mêmes composés de carbonate de chaux, tout au moins exclusivement, nous pensons qu'ils ont joué un rôle prépondérant dans la formation de cette roche, et que peut-être ils dérivent d'organismes plus élevés, comme les vacuolides et les mitochondries peuvent provenir de la désagrégation des tissus de tous les organismes végétaux ou animaux.

Une étude plus approfondie permettra probablement de se prononcer exactement sur la véritable nature de ces coccolithes.

Toutefois, dès à présent, je dois déclarer que par certains côtés (coloration, aspect microscopique), ces coccolithes s'éloignent des vacuolides. Cela ne veut pas dire qu'elles soient incapables de provoquer (peut-être par catalyse, à la manière de certains corps poreux) des actions fermentatives, comme l'a dit Béchamp; nos recherches sous ce rapport ne sont pas terminées (¹).

Mais c'est en vain que nous avons cherché à faire multiplier les coccolithes par les procédés de culture les plus divers employés pour les ferments figurés, les microbes, etc. Ce n'est point une raison pour affirmer (contrairement à l'opinion de Béchamp pour les *microzyma cretæ*) que ces organites ne sont pas vivants, puisque je considère les macrozymases de la purpurase, de la luciférase, et, en général, toutes les zymases, comme quelque chose d'encore vivant, et que d'ailleurs on ne peut pas dire où commence et où finit la vie (²). En tout cas, elles ne se reproduisent pas et ne sont pas assimilables aux microbes et aux ferments figurés.

Conclusions. — On trouve dans la craie des organites (corpuscules organisés) qui, sous certains rapports, ressemblent aux organites élémentaires du bioprotéon que j'ai appelés *vacuolides*. Mais cela est insuffisant pour permettre d'assimiler les vacuolides, d'une part, et les coccolithes, d'autre part, aux microzymas de Béchamp, cet auteur n'ayant donné aucune description morphologique du *microzyma cretæ*, qu'il considérait comme typique.

(¹) *Remarque.* — Il est à noter, dès à présent, que nous avons acquis la certitude que l'emploi de la craie administrée par voie stomacale a une action très différente et beaucoup plus favorable sur la digestion que le carbonate de chaux obtenu par précipitation.

(²) Voir *Les microbioïdes* (*Comptes rendus*, t. 153, 6 novembre 1911, p. 905).

MÉDECINE. — *Quelques propriétés du virus trachomateux. L'immunité dans le trachome.* Note de M. **Charles Nicolle**, **A. Cuénod** et **L. Blaizot**, présentée par M. Roux.

Nous avons montré dans une Note précédente (*Comptes rendus*, 16 juillet 1912) la grande commodité que présente le magot d'Algérie (*Macacus inuus*) dans les recherches sur le trachome. Sa sensibilité, manifestement inférieure à celle du chimpanzé, est cependant suffisante pour l'étude expérimentale.

Action de la chaleur sur le virus trachomateux :

Deux magots sont inoculés avec un virus [1] chauffé à 50° pendant 30 minutes, l'inoculation est faite à l'œil droit par injection intraconjonctivale, au gauche par scarifications : résultat négatif. Témoin un autre magot, inoculé de même, avec le même virus non chauffé : trachome typique, plus précoce (14e jour) et plus grave à l'œil gauche.

Le virus trachomateux est détruit par un chauffage de 30 *minutes à* 50°.

Action de la glycérine :

Le virus de quatre malades est mélangé; puis additionné d'un volume égal de glycérine et conservé à la glacière pendant 7 jours, au bout desquels on le broie, puis on l'inocule par scarifications à un indigène aveugle. Celui-ci présente des lésions classiques, après une incubation particulièrement longue (27 jours).

Le virus trachomateux se conserve sept jours dans la glycérine; mais ce délai paraît une limite.

Immunité conférée au magot par une première atteinte expérimentale :

Le trachome non traité de l'homme offre une durée désespérément longue, indéfinie souvent; chez le magot, il guérit complètement après 1 à 3 mois; il est donc possible d'étudier les conditions de l'immunisation chez ce singe, ce qui paraît très difficile chez l'homme.

---

(1) Sauf indication contraire, nous appelons ici *virus* le produit broyé du curetage des conjonctives. Nous nous sommes toujours adressés à des cas typiques, non traités.

Expérience I. — Un magot, inoculé aux quatre paupières, présente un trachome qui évolue en 2 mois et demi. 6 mois plus tard, il est réinoculé de même : résultat négatif. Pas de témoin.

Expérience II. — Les magots G et T sont contaminés par le dépôt de larmes infectantes sur leurs conjonctives scarifiées : trachome léger, durant 1 mois chez T, 2 mois chez G. Deuxième inoculation aux deux mêmes singes 1 mois après la guérison de G, avec le virus, par scarifications : résultat négatif. Troisième inoculation à T, 2 mois et demi après la seconde : résultat nul. Témoin, pour les deuxième et troisième inoculations, le magot dont l'observation suit.

Expérience III. — Un magot, infecté avec succès par l'inoculation du virus filtré, présente encore quelques granulations en voie d'atrophie; lorsqu'on pratique sur lui une deuxième inoculation avec le même virus qu'aux magots G et T, il montre à la suite un trachome classique, plus marqué que le premier. 2 mois et demi plus tard, avant la complète guérison, troisième inoculation virulente (en même temps que le magot T) : troisième trachome, plus intense, laissant à la suite de légers *tractus cicatriciels*. (C'est la première fois que nous observons chez le magot ce mode de terminaison, ordinaire chez l'homme.)

Une première atteinte expérimentale paraît conférer au magot une immunité vis-à-vis de l'inoculation d'épreuve, à condition toutefois que celle-ci soit pratiquée après guérison totale; sinon, il semble qu'il y ait plutôt sensibilisation.

Essais d'immunisation préventive du magot et du chimpanzé par inoculation intraveineuse du virus :

Expérience I. — Un magot reçoit, pendant une période de 15 jours, à 3 jours d'intervalle, cinq inoculations intraveineuses de virus broyé, dilué dans l'eau physiologique et centrifugé (virus d'un ou deux malades chaque fois). Il est éprouvé 56 jours plus tard, par inoculation de deux virus mélangés (intraconjonctivale à droite, scarifications à gauche) : résultat négatif. Témoin, le même magot que pour l'expérience de chauffage à 50°.

Expérience II. — Un chimpanzé reçoit une inoculation intraveineuse *unique* de virus, il est éprouvé 14 jours plus tard et contracte un trachome typique. (Cette expérience n'est pas comparable à la précédente, en raison de la plus grande sensibilité du chimpanzé et de la non-répétition chez lui des inoculations préventives.)

Il semble qu'il soit possible, par des inoculations intraveineuses et répétées de virus, d'immuniser le magot contre l'inoculation conjonctivale. Il serait téméraire de conclure du magot à l'homme.

Essais de traitement du trachome de l'homme par les inoculations intraveineuses ou sous-conjonctivales de virus :

L'inoculation intraveineuse du virus trachomateux broyé, dilué dans l'eau physiologique et centrifugé est inoffensive pour l'homme sain; elle n'est suivie d'aucune réaction générale ou conjonctivale (deux essais).

Dix trachomateux, atteints gravement, ont reçu de une à quatre injections intraveineuses de virus (auto- ou hétérovirus) à 7 jours d'intervalle, et une centaine une injection sous-conjonctivale *unique* de leur propre virus après curetage; des améliorations notables, souvent rapides, *parfois durables*, ont été obtenues chez plusieurs malades, mais, fréquemment aussi, il y a eu des récidives plus ou moins éloignées.

Les inoculations intraveineuses sont les plus actives, leur pratique presque impossible en raison de la difficulté d'obtenir un matériel suffisant. L'inoculation sous-conjonctivale au malade de son propre virus après broyage (combinée au curetage qu'elle nécessite) nous paraît à conseiller; elle est inoffensive; il faudrait la répéter.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Remplacement du zinc par l'uranium dans la culture de l'*Aspergillus niger. Note de M. **Charles Lepierre**, présentée par M. Armand Gautier.

Dans deux Notes récentes (¹), j'ai montré qu'on peut remplacer le zinc, dans le liquide Raulin, par le cadmium et le glucinium, et que l'on obtient ainsi, pour certaines doses, des récoltes de mêmes poids que celles que fournit le milieu zincique.

L'uranium jouit des mêmes propriétés. L'étude de cet élément présentait de l'intérêt, car il a fait récemment l'objet de recherches biologiques; c'est ainsi que M. Stoklasa (²) reconnaît que les sels d'uranium augmentent la production de certaines plantes. MM. Agulhon et Sazerac (²) établissent que l'uranium et ses sels favorisent la formation du pigment bleu du bacille pyocyanique. Enfin M. Becquerel (²) établit que les sels d'uranium produisent chez le *bacillus tuberculi* une excitation des fonctions assimilatrices.

J'ai étudié le remplacement intégral du zinc par l'uranium, et parallè-

(¹) *Comptes rendus*, 20 janvier 1913 et 3 février 1913.

(²) *Comptes rendus*, 13 janvier 1913.

lement l'action de l'uranium en présence du zinc, afin de vérifier, dans ce dernier cas, s'il y avait augmentation de poids ou assimilation plus rapide, comme dans les expériences des auteurs cités.

La technique que j'ai suivie est la même que dans les expériences du cadmium et du glucinium. J'emploie le nitrate d'uranium $UO^2(NO^3)^2 6H^2O$. à l'état pur en solution titrée (2,104 parties de ce sel correspondent à 1 partie d'uranium métallique).

Le Tableau suivant résume les résultats :

Uranium. — Poids des récoltes pour 500^{cm^3} de liquide, température 34°.

	Cristallisoirs en porcelaine.			Erlenmeyer.	
	g		g	g	g
Témoins sans zinc ni uranium	4,20 (4 j.)		3,75	3,41	6,00
Zinc seul $\frac{1}{1\,000\,000}$ (1)	7,90 (4 j.)		7,82	6,53	7,20
Zinc ($\frac{1}{1\,000\,000}$) et Uranium (1) $\frac{1}{1000}$	0	0	0	0	0
» » $\frac{1}{10\,000}$	3,75	8,65	6,10	5,54	7,60
» » $\frac{1}{100\,000}$	3,50	8,20	6,30	5,82	7,52
» » $\frac{1}{1\,000\,000}$	2,90	7,70	7,15	5,52	7,37
	2 jours	11 jours	5 jours	6 jours	10 jours

	g	g	g	g	g	g
Uranium seul (1) $\frac{1}{1000}$	0	0	0	0	0	0
» $\frac{1}{5000}$	3,12	7,55	3,45	6,27	4,45	6,11
» $\frac{1}{10\,000}$	2,90	7,56	4,12	8,18	4,35	6,62
» $\frac{1}{500\,000}$	3,03	7,40	3,90	7,85	3,92	6,90
» $\frac{1}{100\,000}$	2,70	5,61	3,85	8,06	4,14	7,30
» $\frac{1}{500\,000}$	3,17	6,22	4,20	7,72	4,24	7,19
» $\frac{1}{1\,000\,000}$	2,80	6,65	4,01	8,05	3,88	7,10
» $\frac{1}{10\,000\,000}$	2,52	7,34	3,76	8,02	3,16	7,25
	4 jours	11 jours	5 jours	12 jours	6 jours	12 jours

Uranium seul. — On voit que : 1° Le poids des cultures est normal si la dose de culture est inférieure à $\frac{1}{5000}$; si la dose d'uranium est de $\frac{1}{1000}$ la plante ne pousse plus. Pour les doses indiquées de ($\frac{1}{5000}$ à $\frac{1}{10\,000\,000}$) le maximum de poids n'est atteint qu'après 10 à 12 jours; il y a donc retard, comme dans le cas du glucinium;

2° La plante sporule si la dose d'uranium ne dépasse pas $\frac{1}{10000}$; $\frac{1}{5000}$ empêche souvent la sporulation et la culture est glaireuse, bien qu'ayant atteint le poids maximum.

(1) Calculé en métal.

L'analyse démontre facilement que l'uranium est fixé par la plante; il suffit, après lavage à fond et dessiccation, de brûler les récoltes dans une capsule de platine, dissoudre les cendres dans l'acide nitrique et rechercher, après filtration et concentration, l'uranium par ses réactions, entre autres par le ferrocyanure de potassium ou par la réaction colorée de M. Aloy (carbonate de potassium et eau oxygénée).

Uranium et zinc. — Dans les liquides zinciques, additionnés d'uranium, l'*Aspergillus* ne pousse pas plus vite que dans les milieux renfermant seulement du zinc; on observe même un retard très net; l'assimilation n'est donc pas accélérée par la présence de l'uranium. Quelques jours après, la plante atteint, toutefois, le poids maximum. La sporulation a lieu normalement tant que la dose d'uranium ne dépasse pas $\frac{1}{5000}$ à $\frac{1}{10000}$. L'uranium est également fixé par la plante.

En résumé, l'uranium remplace parfaitement le zinc dans le milieu Raulin, et joue comme lui un rôle remarquable, bien que moins intense, dans la rapide croissance de l'*Aspergillus niger*.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Nouvelles recherches sur un ferment des vins amers.* Note de **E. Voisenet**, présentée par M. Armand Gautier.

Dans de précédentes Communications [1], j'ai mis en évidence la formation d'acroléine dans la maladie de l'amertume des vins et montré qu'une espèce pure, retirée d'un vin amer, cultivée en présence de glycérine, donne rapidement naissance à de l'acroléine et à la production de l'amertume.

En poursuivant cette étude, j'ai constaté que ce ferment ensemencé depuis 15 mois, dans les différents vins, stériles, naturels ou privés en partie de leur alcool, s'est développé dans plusieurs de ces liquides, quelquefois même assez rapidement, et qu'il y présente les caractères morphologiques du ferment des vins amers : tous les échantillons favorables à la culture renferment de l'acroléine; les acidités volatile et fixe sont augmentées; la matière colorante est en partie altérée et précipitée, et certains possèdent une saveur amère plus ou moins prononcée.

Ce bacille, que je dénommerai *Bacillus amaracrylus*, suffit donc à pro-

---

[1] *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 1614; t. 151, 1910, p. 518; t. 153, 1911, p. 363, 898.

duire la maladie de l'amertume des vins, avec ses caractères organoleptiques, microscopiques et chimiques.

Parmi les substances fermentescibles, il porte son action sur la glycérine qu'il transforme partiellement en acroléine, aldéhyde particulièrement instable, à métamorphoses variées : il en résulte, en outre, d'autres produits d'analyse et des produits de synthèse parmi lesquels se trouvent les gaz carbonique et hydrogène, l'alcool éthylique, les acides volatils, formique, acétique, acrylique, un acide insoluble dans l'eau, fusible vers 15°, qui est vraisemblablement l'acide caprylique ; enfin des acides fixes, lactique et succinique.

Il consomme rapidement la mannite et les sucres ; il agit modérément sur la dextrine et ne fait pas fermenter l'érythrite, la dulcite et l'amidon.

La fermentation des sucres, saccharose, lactose, maltose, glucose, lévulose, galactose, est complète en présence du carbonate de chaux : les saccharoses ne paraissent pas être préalablement dédoublés par le ferment ; en particulier, pendant toute la durée de la fermentation, la solution de sucre de canne ne réduit pas la liqueur de Fehling.

Parmi les produits de transformation de la mannite et des sucres, on retrouve ceux donnés par la glycérine, sauf l'acroléine et ses dérivés.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Préparation du fibrinogène par dialyse sur sirop de saccharose.* Note de MM. **Piettre** et **A. Vila**, présentée par M. E. Roux.

On obtient la matière « fibrinogène » du sang par le procédé de Hammarsten en recevant le sang dans une solution de sels neutres, puis en ajoutant au plasma un égal volume de solution saturée de chlorure de sodium.

A partir de semblable plasma, nous préparons le fibrinogène en déminéralisant au contraire ce plasma par dialyse sur sirop de sucre.

I. La *dialyse sucrée* comprend deux opérations, l'une sur sirop de sucre et l'autre sur eau distillée. Ces opérations ont pour effets respectifs : une déminéralisation et concentration simultanées, d'une part ; d'autre part, restitution du volume primitif du plasma. Suivant les matériaux mis en œuvre, ce double effet devra être réitéré une ou plusieurs fois.

Le sirop de saccharose que nous avons adopté, entre autres sucres, a les

avantages de la grande pureté du produit commercial et de la densité élevée (1,380) de la solution réalisée, densité supérieure à celle de la glycérine (1,270).

Des sacs de collodion (Borrel-Malfitano) ayant subi ou non la dénitration indiquée par MM. J. Duclaux et A. Hamelin [1], sont chargés du plasma à traiter et plongés dans des éprouvettes contenant le sirop de densité sus-indiquée.

Après un contact de 8 à 10 heures environ, il s'établit un équilibre osmotique entre les deux liquides de l'appareil. On retire alors le sac dont le contenu est réduit de plus des deux tiers. Le sirop aqueux chargé de sels minéraux est recueilli avec soin, dilué et jaugé pour les examens à suivre.

Pendant la seconde opération le sac est plongé dans de l'eau distillée. Lorsque, après 10 à 12 heures environ, le volume a repris sa valeur primitive, on recueille isolément les produits aux fins d'analyse. Ici, la déminéralisation s'est encore poursuivie, mais à la manière ordinaire.

En très peu de temps la déminéralisation est achevée; de plus, on bénéficie du fait de n'avoir employé que de très faibles volumes de liquides, chose précieuse pour les recherches chimiques. Pour d'autres usages, la dialyse sucrée ainsi conduite permet de réaliser à volonté une concentration ou une dilution des liqueurs à dialyser.

II. Donnons tout d'abord les preuves de la valeur de cette méthode en relatant les résultats d'essais préliminaires. Ces essais ont été effectués sur les solutions des principaux sels que nous devions rencontrer ou mettre en usage au cours de nos recherches sur le plasma.

Expérience n° 1. — Solution contenant $12^g,72$ de NaCl dans 50^{cm^3} :

	NaCl.
	g
Le premier sirop (volume 50^{cm^3}) extrait..................	10,200
La première eau mère (volume 75^{cm^3}) extrait............	1,940

En renouvelant ce double effet, nous constatons que :

Le deuxième sirop (volume 50^{cm^3}) extrait................	0,480
La deuxième eau mère (volume 125^{cm^3}) extrait...........	0,077
Les liquides de dialyse réunis (volume 300^{cm^3}) ont extrait .	12,697
L'analyse a montré qu'il restait dans le sac..............	0,012

Dans cet exemple, en 40 heures environ et avec seulement 300^{cm^3} de liquides de dialyse, on a pu retirer plus de 999 millièmes du chlorure de sodium dissous. Les dosages ont été exécutés, par volumétrie, au nitrate d'argent.

(1) *Annales de l'Institut Pasteur*, n° 2, 1911, p. 145.

Expérience n° 2. — Solution contenant $5^g,95$ de SO^4Mg anhydre dans 50^{cm^3} :

	SO^4Mg.
	g
Le premier sirop entraîne	4,030
La première eau mère	1,128
Le deuxième sirop	0,617
La deuxième eau mère	0,106
SO^4Mg extrait	5,881

Les dosages ont été faits en pesant les sulfates de baryte.

Expérience n° 3. — Solution contenant le mélange des sels NaCl et SO^4Mg : 50^{cm^3} renferment $2^g,975$ de SO^4Mg $\left(\text{environ } \frac{N}{20}\right)$ et $2^g,92$ de NaCl $\left(\frac{N}{10}\right)$.

	SO^4Mg.	NaCl.
	g	g
Le premier sirop extrait	2,135	2,489
La première eau mère	0,474	0,241
Le deuxième sirop	0,142	0,081
La deuxième eau mère	SO^4Ba impond.	0,011
Sels entraînés	2,751	2,822

III. Voici pour l'application à la préparation du fibrinogène :

Le plasma magnésien à la dose de 20^g de sulfate de magnésium cristallisé par litre de sang de cheval (M. Gessard) est centrifugé à l'aide de l'excellente machine de M. Jouan. Le plasma limpide ainsi séparé est introduit dans des sacs en collodion stérilisés de 100^{cm^3} à 300^{cm^3} de capacité.

Nous avons constaté que, pour 100^{cm^3} de plasma magnésien :

	NaCl.	SO^4Mg (anhydre).
Le premier sirop entraîne en 24 heures	0,4232	0,8292
La première eau	0,0225	0,2520

Un second double effet dans les mêmes temps n'a plus enlevé de quantité appréciable de NaCl et seulement $0^g,033$ de SO^4Mg. Dans cette dialyse, la totalité des sels retraits a été : NaCl $= 0^g,4457$; $SO^4Mg = 1^g,1142$, plus une très petite quantité de phosphate.

Tandis que s'effectue cette perte en matières minérales, le fibrinogène du plasma se dépose; on le voit apparaître au cours de la deuxième opération de la dialyse, pendant l'ascension du liquide intérieur, quand le sac est plongé dans de l'eau distillée; de larges flocons blancs se rassemblent et tombent au fond du sac, on les sépare et on lave à l'eau distillée par centrifugation.

Ce fibrinogène possède tous les caractères connus; c'est une matière blanche, visqueuse, filante, se délitant dans l'eau pure pour donner une belle émulsion lactée. Soluble dans l'eau salée étendue, il précipite de cette liqueur à une température très

voisine de 56°. Enfin le caractère le plus typique est offert par la coagulation de la solution salée, en présence de sérum normal.

La quantité de fibrinogène recueilli dans nos expériences correspond à $4^{g},69$ par litre de sang de cheval.

GÉOLOGIE. — *Les minerais de fer sédimentaires considérés dans leurs rapports avec la destruction des chaînes de montagnes.* Note de M. L. Cayeux, présentée par M. H. Douvillé.

Dans sa tentative de coordination des phénomènes sédimentaires « autour des différentes phases de l'histoire des chaînes de montagnes, qui constituent les quatre grands Chapitres, *les quatre unités* de l'histoire du globe », Marcel Bertrand [1] conclut, non sans raison, que la répétition des phénomènes orogéniques, dans le temps, entraîne la récurrence de certains dépôts. « Chaque chaîne a ses grès rouges, chaque chaîne a ses flysch », etc., avait-il coutume de dire sous une forme lapidaire. Je crois pouvoir ajouter aujourd'hui que *chaque chaîne, sauf la dernière, a ses minerais de fer sédimentaires.*

Les matériaux de toutes sortes qui prennent part à la constitution des chaînes de montagnes renferment au total une masse considérable de fer. Cet élément abonde dans les roches éruptives et métamorphiques à l'état de magnétite, ou engagé dans des silicates complexes, comme la biotite, les amphiboles, les pyroxènes, le péridot, etc. Il figure au surplus dans les sédiments en proportion très variable, et souvent très notable, toujours emprunté à des roches préexistantes et sous forme d'oxydes, de sulfures et de silicates.

Or les montagnes sont à peine soulevées qu'elles sont aux prises avec les agents atmosphériques et avec la mer qui travaille sans trêve à reconquérir le domaine d'où elle a été chassée par leur surrection. Aussi les massifs montagneux, quelle qu'en soit l'importance, sont-ils voués à une démolition complète; ils sont nivelés avec le temps et tous leurs matériaux constituants sont libérés. C'est par milliards de tonnes que se chiffre la quantité de fer remise en mouvement par les agents d'érosion, aux dépens d'une seule et même chaîne. Telle est, à la vérité, l'origine de la totalité du fer de nos sédiments. Tantôt cet élément est réparti uniformément dans

(1) Marcel Bertrand, *Structure des Alpes françaises et récurrence de certains faciès sédimentaires* (*Compte rendu* 6e *Cong. géol. int.*, Zurich, 1894).

les dépôts qu'il teinte de différentes couleurs; tantôt il se concentre à certains niveaux et engendre des minerais. S'il en est ainsi, chaque chaîne démantelée doit avoir son cortège de minerais de fer sédimentaires. Nous allons voir que les faits sont pleinement d'accord avec les prévisions.

La *chaîne huronienne*, considérée comme la plus ancienne de toutes, et la plus rapprochée des pôles, se prolongeait au Sud par une apophyse dont l'emplacement a été marqué en plusieurs points par une très grande activité éruptive à l'époque précambrienne (îles anglo-normandes, Cotentin et Trégorrois). A la destruction de cette chaîne se rattachent les minerais siluriens de la Basse-Bretagne, de l'Anjou et de la Basse-Normandie.

Malgré sa faible extension, la zone des plissements qui vient ensuite, la *chaîne calédonienne*, est représentée par de multiples horizons ferrugineux. On peut lui rapporter les minerais eiféliens de l'Ardenne franco-belge et les minerais oolithiques famenniens de Belgique, les uns et les autres liés aux plissements siluriens de l'Ardenne. A l'époque houillère, et sous l'influence du régime lagunaire qui prévaut dans l'Europe occidentale, le fer se fixe non plus sous la forme d'oolithes, mais à l'état de carbonate indifférencié, exploitable seulement en Angleterre (*black band* du Culm d'Écosse et des Coal-Measures du Pays de Galles).

La *chaîne hercynienne*, particulièrement riche en produits éruptifs, a fourni aux sédiments secondaires une masse énorme de fer, au cours de son démantèlement. Nous lui sommes redevables des minerais hettangiens de Bourgogne, des nombreux gîtes toarciens de l'Est du Bassin de Paris, du Jura et du Bassin du Rhône, des minerais calloviens, oxfordiens, etc., sans parler de ceux qui sont exploités ou non à l'étranger.

Cet essai de coordination ne saurait être étendu à la *chaîne alpine* par la raison même que les agents d'érosion l'ont à peine entamée depuis qu'elle a acquis son relief définitif.

Si maintenant nous dirigeons notre enquête vers les formations sédimentaires les plus anciennes, nous nous trouvons en présence de puissants amas de minerais, très différents de tous ceux dont il a été question jusqu'à présent, mais indubitablement oolithiques à l'origine ([1]), et manifestement de nature sédimentaire. Ces minerais, subordonnés au Précambrien de la région des grands lacs américains, ne peuvent à aucun titre dériver de la chaîne huronienne, puisqu'ils ont fait partie de cette chaîne et que celle-ci a surgi longtemps après leur dépôt. Aussi faut-il remonter plus loin dans les temps géologiques et jusqu'aux terrains cristallophylliens pour trouver la source première du fer huronien d'Amérique.

([1]) L. Cayeux, *Comparaison entre les minerais de fer huroniens des États-Unis et les minerais de fer oolithiques de France* (*Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 1188-1190).

Dans les dernières années de mon enseignement à l'École des Mines, j'ai fait ressortir la nécessité d'admettre l'existence d'une *chaîne archéenne*, réunissant l'ensemble des dislocations antérieures au Précambrien. En toute hypothèse sur la genèse des gneiss primordiaux cette notion s'impose, dès l'instant qu'une chaîne de montagnes est une zone plissée de l'écorce et qu'on trouve dans les régions circumpolaires de l'hémisphère Nord les traces de plissements intenses affectant uniquement les schistes cristallins. Cette *chaîne archéenne* (¹) jouerait, par rapport aux minerais huroniens, le même rôle que les chaînes suivantes par rapport aux minerais d'âge primaire et secondaire.

La seule conclusion que je veuille tirer de cette étude, réduite aux proportions d'une simple esquisse, est que la formation des minerais de fer sédimentaires interstratifiés rentre dans le cycle des phénomènes qui caractérisent l'histoire d'une chaîne depuis son origine jusques et y compris sa destruction. Pour reprendre la formule énoncée en tête de ce travail, je dirai que *chaque chaîne, sauf la dernière, a ses minerais de fer sédimentaires.*

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Les niveaux du Plateau lyonnais. Essai de raccordement avec les hautes terrasses du mont Cindre.* Note (²) de M. I. **Assada**, présentée par M. Barrois.

Dans une Note précédente (³), j'ai montré comment les diverses terrasses de la Saône et du Rhône, dans les environs de Lyon, permettaient de reconstituer l'histoire morphologique de la région, depuis la grande extension glaciaire. La terrasse fluvio-glaciaire la plus élevée, qui a été suivie sur 20^{km} au moins, est élevée de 110^{m} au-dessus du Rhône, à 270^{m}-275^{m}.

Poursuivant ces recherches; j'ai étudié la région située au-dessus de l'altitude 275^{m}, à l'ouest de Lyon, entre la grande vallée périphérique : Vaise-Brignais-Givors et les monts du Lyonnais. Cette région est généralement désignée sous le nom de *Plateau lyonnais*.

(¹) Aux plissements archéens du continent nord-américain correspondrait l'un des sommets du tétraèdre de Lowthian Green.

(²) Présentée dans la séance du 7 avril 1913.

(³) I. Assada, *Étude morphologique sur les terrasses des environs de Lyon* (*Comptes rendus*, t. 155, séance du 2 décembre 1912, p. 1196).

La présence du mont Cindre, dernier sommet des monts d'Or lyonnais, sur la rive droite de la Saône, à quelques kilomètres en amont de Lyon, m'a permis de tenter un raccordement entre les niveaux de ce Plateau lyonnais et les hautes terrasses inscrites au flanc du Cindre (480^m). J'ai été conduit aux résultats suivants :

1° Le premier niveau rencontré au-dessus de la plus haute terrasse fluvioglaciaire apparaît vers 300^m-310^m. Sur la face nord du mont Cindre ce niveau donne un replat jalonné par un chemin de terre à 309^m. A l'angle nord-est, au-dessus du château de Tourvayron, un saillant se dessine à 300^m-310^m, légèrement raviné par des attaques d'érosion qui remontent sur les deux faces.

Le même niveau se révèle très étendu à travers le Plateau lyonnais. Entre Champagne et Dardilly-le-Bas il constitue tout le plateau de la cote 306^m; avec des buttes détachées en avant, entre autres celle qui domine le cimetière de Champagne. Dans le bassin du Charbonnières, on le retrouve légèrement raviné; il se présente alors sous forme de vastes surfaces 290^m-300^m. La plus typique est celle qu'emprunte la route nationale n° 7, vers les *Blez*. Dans le bassin de l'Yzeron, le niveau 300^m-310^m apparaît au *Tupinier*, sous Grézieux-la-Varenne, aux buttes détachées du fort du Bruissin (cote 306^m de l'état-major) du château de Francheville-le-Haut (cote 307^m) et au *Plat de l'Air* au nord de Chaponost, où les aqueducs romains l'ont suivi. Dans le bassin du Garon, le niveau 300^m-310^m occupe peu de place, car dans cette zone moins bien articulée, les niveaux supérieurs n'ont guère été démantelés. On ne trouve le niveau 300^m-310^m que sur le bord de la grande vallée périphérique (cote 307^m au-dessus de Brignais) ou sur la rive gauche du Garon inférieur, formant des seuils sur la crête de partage des deux bassins de l'Yzeron et du Garon. Là, en effet, j'ai reconnu deux seuils morts, le premier au lieu dit les *Fourches*, le deuxième au lieu dit *Combarembert;* chacun dans l'axe d'une rivière Sud-Ouest-Nord-Est (haut Garon, dans le premier cas; Furon dans le deuxième). Les deux seuils se présentent comme des vallées extrêmement évoluées; celui de Combarembert est jalonné par deux étangs. J'y ai trouvé de la tourbe en voie de formation.

L'étude du niveau 300^m-310^m me permet donc de reconstituer un vaste système hydrographique préglaciaire, ressuscitant une direction hercynienne, parallèle à celui du Gier, qui a été capté vers le Sud-Est, en fonction de la haute terrasse glaciaire 270^m-275^m (lieu dit *La Colonge* de ma Note précédente). La terrasse consécutive à la capture est très nette sur les deux

rives du Garon à 280^m dans l'espace compris entre les deux seuils morts. D'une façon générale, le niveau 300^m-310^m ne porte aucun village.

2° Il existe un second niveau à 330^m-340^m. Il débute par une terrasse très nette, mais sans cailloux roulés, sur la face Est du mont Cindre, juste au-dessus du château de Tourvayron à 335^m.

Sur le Plateau lyonnais, ce niveau est extrêmement morcelé et ne se présente que sous forme de buttes isolées. Je citerai la crête de partage entre le bassin du Charbonnières et celui de l'Azergues, à l'ouest de la Tour-de-Salvagny, au lieu dit le *Félix*, les villages de Brindas et de Chaponost, le replat des aqueducs de Soucieu. L'exemple le plus net est la butte isolée de Montagny à 330^m, sur le bord de la grande vallée périphérique, où l'on trouve encore des quartzites. En plusieurs autres endroits, on peut en saisir des lambeaux ravinés par l'attaque du niveau de base 300^m, très proche; témoin la butte 324, située entre les deux seuils morts, dont j'ai parlé plus haut.

3° Le niveau 420^m-430^m paraît venir immédiatement au-dessus. On le trouve, non raviné, à 430^m exactement, tout le long des monts du Lyonnais (butte isolée de Montchat, hauteurs à l'ouest de Sainte-Consorce, cimetière de Pollionnay, hauteurs autour de Saint-Laurent-d'Agny). Il existe également très développé dans les cours supérieurs montagneux de l'Yzeron et du Garon (lieu dit la *Fontanière*, à côté de Vaugneray, cote 474^m sur la route nationale de Bordeaux au-dessus du lieu dit *Planche-Billet*, surtout le splendide replat à la ferme *Vuillermoz*). L'aspect est toujours le même : lande de genêts communs, pas de maison.

Mais presque toujours on ne voit que de vastes croupes entre 350^m-400^m, résultat du démantèlement de ce niveau. La plupart des villages sont situés là : Grézieux-la-Varenne, Marcy-l'Étoile, Messimy, Soucieu, etc. Ce niveau est bien le plus élevé du plateau. Il est immédiatement dominé par des buttes arrondies, couvertes de pins, vers 500^m-550^m qui appartiennent déjà aux monts du Lyonnais.

Le sommet du mont Cindre est couvert de vastes prairies entre 470^m-420^m. Vers 420^m, on peut suivre sur plusieurs kilomètres, parallèlement à la Saône, une rupture de pente très forte. Aux prés succède un abrupt entre 420^m et 350^m. Ce niveau 420^m porte même, au nord du mont Cindre, un hameau : *Montou* et une route.

Enfin l'étude du Plateau lyonnais m'a permis de vérifier les conclusions de ma Note précédente. J'ai pu y suivre, dans le profil longitudinal et les terrasses des vallées, la remontée des divers niveaux fluvio-glaciaires :

La terrasse 270-275 ou de Champagne correspond à celle 280^m sur l'Yzeron et le Garon inférieur.

La terrasse 240-245 ou de Francheville-le-Haut correspond au niveau 250^m du cimetière de Craponne, sur l'Yzeron, et à celui 260^m au confluent du Furon et du Garon.

La terrasse 220 ou de la Demi-Lune correspond au fond large des vallées du Plateau lyonnais.

Le niveau actuel rhodanien correspond à l'encaissement de 1^m environ des affluents dans leur vallée large.

L'étude de la vallée de l'Yzeron est typique à cet égard et présente en raccourci toute l'histoire du Plateau lyonnais.

MÉTÉOROLOGIE. — *La loi des crochets barométriques de grain.* Note (¹) de M. **Durand-Gréville**, présentée par M. Deslandres.

Dans une Note intitulée : *Les grains et les orages* (²), nous avons établi que le grain de vent (avec ou sans averse ou orage) se produit sur tous les points d'une bande qui s'étend des environs du centre, sur une longueur de 1000^{km}, de 2000^{km} ou davantage, d'une dépression barométrique. C'est le *ruban de grain.*

Sous nos latitudes, ce ruban est orienté en moyenne Nord-Sud. Le vent, au lieu d'y être Sud-Ouest, comme sur tous les points du quadrant méridional de la dépression, est remplacé dans l'intérieur du ruban *sur toute sa longueur*, par un vent violent ou tempétueux d'entre Ouest et Nord-Ouest.

Le ruban de grain est emporté parallèlement à lui-même (sauf un léger mouvement de rotation comme un rayon d'une roue) vers l'Est-Nord-Est, *en moyenne*, par la dépression dont il fait partie; et cela avec une vitesse qui peut varier de quelques kilomètres, à 50^{km} et même à 100^{km} par heure. On conçoit que, sur toutes les régions visitées, le vent passe très rapidement du Sud-Ouest à l'Ouest, ou même au Nord-Ouest, pour reprendre (moins rapidement) sa première direction Sud-Ouest après le passage du ruban de grain.

Rappelons qu'*au moment* de son passage sur un lieu donné, le vent de grain y éveille des averses et des orages s'il rencontre en ce lieu des cumulus à sommets suffisamment élevés. Il éveille en même temps un phénomène

(¹) Présentée dans la séance du 7 avril 1913.

(²) *Comptes rendus*, 9 avril 1894.

secondaire, le crochet barométrique improprement dit *d'orage*, qu'il faut appeler crochet *de grain*, puisqu'il se produit sans exception sur tous les points du ruban de grain, là même où il n'y a pas d'orage.

Le ruban de grain étant le siège de vents violents, il est impossible d'expliquer qu'à la surface du sol, en avant et en arrière de son mouvement, les vents soient faibles et de direction différente, si l'on n'admet pas qu'ils sont alimentés à l'arrière (à l'Ouest) par une *nappe d'air obliquement descendante* et qu'après avoir balayé le sol, la nappe doit remonter vers les hautes altitudes. On a depuis longtemps comparé le vent de grain à une balayeuse mécanique, dont l'axe serait horizontal. S'il en était ainsi, toutes les fois que le ciel ne serait pas trop couvert, on verrait des nuages élevés marcher dans la direction opposée à celle du vent inférieur, *ce qui n'a jamais lieu*. Le circuit est plus complexe, et il doit se former à de très grandes hauteurs, 8^{km} à 10^{km}, car on voit assez fréquemment des rubans de grain passer par-dessus des montagnes, y compris le massif des Alpes. L'air remontant en avant du grain doit être ramené vers l'axe de la dépression, autour duquel il tourne pour s'étaler en nappe dans la région des cirrus; l'air descendant du grain est alimenté par une nappe (non pas la même) qui, au lieu d'aller vers l'anticyclone voisin, redescend dans l'intérieur de la dépression tout le long d'un rayon.

C'est la composante verticale de la nappe d'air descendante qui produit dans l'intérieur du ruban une pression plus forte qu'à l'Est et à l'Ouest, d'où le ressaut brusque amené dans le barogramme par le passage de cette forte pression.

Jusqu'ici, et cela malgré les résultats excellents et précis obtenus par M. Ciro Ferrari dans ses très nombreuses observations d'orages, résultats d'autant moins suspects qu'ils n'étaient fondés sur aucune théorie, les météorologistes n'avaient attaché d'importance qu'aux ressauts très aigus, qu'on a même appelés en Allemagne *Gewitternase* (*nez d'orage*). En réalité, *toutes les formes de crochet barométrique ont pu être observées* par Ferrari et nous, et l'infinie variété de ces formes peut s'expliquer simplement.

Soit (*fig.* 1) une dépression barométrique représentée par des isobares ou courbes d'égale pression. Vers la région Sud, tout le long d'un rayon, les isobares ont pris la forme d'un zigzag. A droite du ruban de grain, la pression est un peu plus basse que la moyenne et les isobares ont leur concavité tournée au Nord; sur l'axe du ruban, aux points de pression maximum, c'est le contraire; enfin le raccord avec les isobares ordinaires se fait sur la gauche.

Traçons une dizaine de lignes AA', BB', ..., II', RR', parallèles à autant de direc-

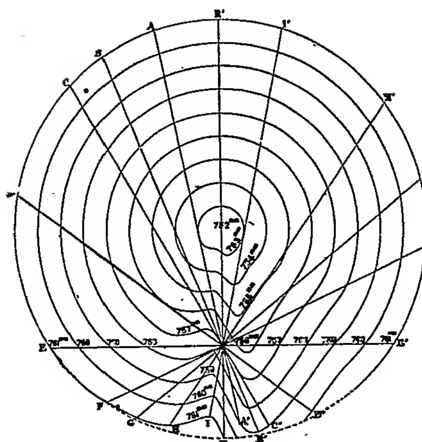


Fig. 1.

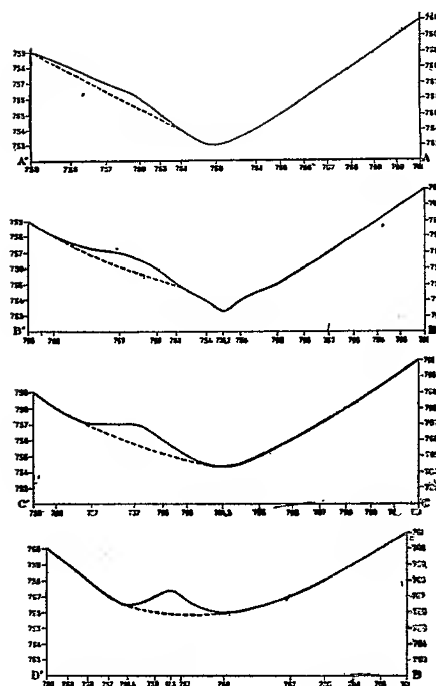


Fig. 2.

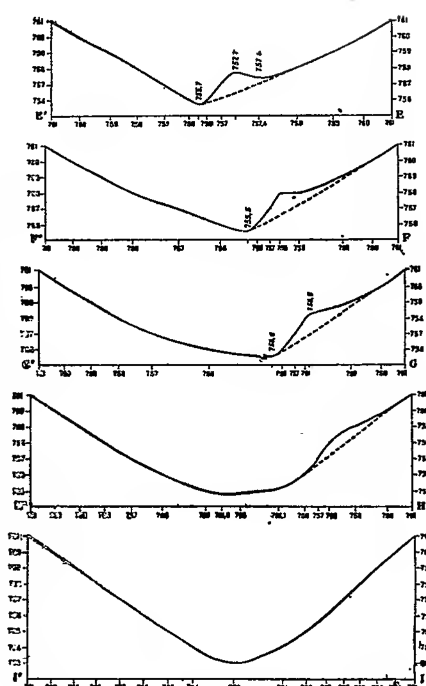


Fig. 3.

tions possibles de la trajectoire (supposée rectiligne). Si l'on compte les angles à partir du point d'intersection commun, en prenant la partie sud du ruban et la partie de chaque trajectoire située dans le sens du mouvement, on obtiendra des angles de 0° à 360° correspondant à toutes les directions possibles de la marche du centre de la dépression, le ruban de grain se transportant parallèlement à lui-même avec sa dépression.

Considérons AA' direction de mouvement qui fait un angle α très petit avec l'axe RR' du ruban. Toutes les isobares coupées par AA' passeront sur la station A' et le barographe enregistrera les hauteurs, donnant la courbe supérieure de la figure 2. Le crochet, très allongé, *précède* le minimum barométrique absolu.

Si α augmente un peu, avec BB', le crochet sera un peu plus court. Jusqu'ici la *hausse* barométrique est représentée par une simple *diminution* brusque *de la rapidité de la baisse*.

La trajectoire CC' a été choisie de manière à se confondre avec la branche moyenne du zigzag de grain. Elle correspond à une *cessation* brusque *de la baisse*.

L'angle α augmentant, le crochet s'accentue et se rapproche du minimum jusqu'à $\alpha = 90°$, cas où il est aussi aigu que possible et commence *immédiatement après* le minimum absolu (*fig.* 3) au delà, jusqu'à 180°, le crochet s'émousse et s'étale *après* le minimum.

Le crochet qu'on a le plus remarqué correspond à l'orientation moyenne Nord-Sud du ruban et à la trajectoire moyenne de la dépression vers l'Est-Nord-Est. Le plus fort accroissement de la vitesse du vent correspond à la première partie du *nez* du grain; mais la vitesse est encore grande dans sa seconde partie, même alors qu'il y a baisse barométrique effective.

Au delà de 180°, le ruban de grain est orienté vers les régions Ouest. Il aborde donc les stations par son arrière, ce qui modifie certaines intensités *relatives* des phénomènes du grain, qui devient un grain *renversé*. Quant aux barogrammes, ils sont *symétriques* des courbes que nous avons tracées (*fig.* 2 et 3).

En faisant tourner la figure 1, on voit que le ruban de grain peut prendre toutes les orientations sans que le crochet change de forme si l'angle α reste le même.

La vitesse plus grande de la translation rétrécirait le crochet; plus petite, elle l'étalerait, sans changer sa position sur la courbe.

Les variations de direction de la trajectoire, que nous avons d'abord supposée rectiligne pour simplifier, n'auraient d'autre influence que de changer l'angle α, mais la forme du crochet dépendrait constamment de cet angle.

Si le ruban de grain changeait d'orientation, avait une forme variable et sinueuse, tournait légèrement autour du centre comme un rayon d'une roue, c'est encore l'angle α qui, en chaque instant et sur chaque point du ruban, dirigerait tout.

On a donc le droit de conclure que *la forme et la position du crochet barométrique*, pour un ruban donné, *dépendent uniquement*, *en chaque instant*, *de l'angle que fait l'orientation du ruban avec la direction de la marche du centre*.

SISMOLOGIE. — *Tremblements de terre destructeurs et précipitations atmosphériques*. Note (¹) de M. DE MONTESSUS DE BALLORE, présentée par M. Barrois.

Les innombrables statistiques exécutées dans le but de savoir si la répartition annuelle des tremblements de terre présente ou non quelque relation avec les mois ou les saisons, se rapportent presque exclusivement aux mois ou aux saisons astronomiques, quoique leurs auteurs aient cherché plus ou moins explicitement à démontrer ou à nier des relations d'ordre climatérique. Dans l'un et l'autre cas, le but réellement visé a donc été manqué. Or les précipitations atmosphériques sont le phénomène climatérique principal auquel on puisse plausiblement attribuer un rôle sismogénique, en conséquence de la théorie très répandue des tremblements de terre d'effondrement dus, prétend-on, à la circulation des eaux souterraines qui dissolvent et enlèvent les couches terrestres plus ou moins profondes. Pour résoudre définitivement la question, d'ailleurs très controversée, il faut l'aborder directement, ce qui n'a jamais été fait.

Dans ce but, nous avons pris le Catalogue des 4136 tremblements de terre destructeurs de J. Milne et mis en parallèle chacun d'entre eux avec les précipitations des pays où ils ont eu leur centre, quand il est assez bien déterminé, en nous basant sur la Mappemonde climatérique publiée par de Martonne dans sa *Géographie physique*.

Sauf quelques anomalies sans importance fondamentale, les courbes annuelles de précipitations établies par mois se ramènent à un arc de sinusoïde, l'intervalle des maximums et des minimums mensuels oscillant au plus entre 3 et 5 mois. Au contraire, lorsque les courbes des nombres mensuels de séismes par climats se ramènent à cette forme, ce qui est assez rarement possible, les maximums et les minimums sont séparés par des intervalles quelconques et peuvent même se présenter en 2 mois consécutifs. La confrontation mensuelle serait donc illusoire, et il convient de l'établir par trimestre. En voici les résultats obtenus en décalant naturellement de 6 mois tout ce qui se rapporte à l'hémisphère austral :

1. Le maximum sismique tombe dans le même trimestre que le maximum de précipitations. Climats : mandchourien, océanien, péruvien, soudanien. 527 séismes.

(¹) Présentée dans la séance du 7 avril 1913.

2. Le minimum sismique tombe dans le même trimestre que le minimum de précipitations. Climats : amazonien, breton, mexicain, ukrainien. 836 séismes.

Au total, 1363 séismes semblent se conformer à une relation directe entre les deux ordres de phénomènes, incomplètement toutefois, puisque la coïncidence n'a lieu que pour un seul des deux éléments de comparaison, maximum ou minimum.

3. Le maximum sismique tombe dans le même trimestre que le minimum de précipitations. Climats : andin, parisien, pendjabien. 225 séismes.

4. Le minimum sismique tombe dans le même trimestre que le maximum de précipitations. Climats : arctique, danubien, indou, norvégien, portugais, polonais, polynésien, saharien, sénégalien, siamois, syriaque. 1783 séismes.

Au total, 2008 séismes semblent se conformer, incomplètement aussi, à une relation telle que l'effet sismogénique des précipitations ne se produirait qu'environ 6 mois plus tard, ce qui serait contradictoire avec le résultat correspondant aux deux premiers cas.

5. Ni le maximum, ni le minimum sismique ne tombent dans le même trimestre que le maximum ou le minimum de précipitations, ni inversement. Climats : arabien, bengalien, chinois, hellène, sibérien. 653 séismes.

6. Dans aucun cas, le maximum et le minimum sismique ne tombent à la fois dans le même trimestre que le maximum et le minimum de précipitations, ce qui correspondrait à la dépendance mutuelle.

7. Dans aucun cas, le maximum et le minimum sismique ne tombent à la fois dans le même trimestre que le minimum et le maximum de précipitations, ce qui correspondrait à une dépendance mutuelle retardée de 6 mois.

8. Les différents climats, qu'ils soient riches ou pauvres en séismes ou en précipitations, se répartissent au hasard dans les cinq premières catégories.

9. En général, pour un climat déterminé, si l'on exprime en pour 100 du total correspondant de séismes les nombres de séismes du trimestre le plus riche et le plus pauvre, leur différence est d'autant plus petite, que le nombre total correspondant de séismes est plus grand, et il en est de même pour les nombres mensuels. D'après la loi des grands nombres, c'est bien là le critérium de l'absence de toute dépendance entre les deux ordres de phénomènes.

En résumé, il n'y a aucune relation de cause à effet entre les tremblements de terre destructeurs et les précipitations atmosphériques, et cela ne présente aucun intérêt de constater par exemple que tel grand événement sismique a suivi une période d'inondations, ainsi qu'on l'a souvent fait.

M. Charles Tellier adresse une Note intitulée : *Les richesses des contrées tropicales délivrées par le Soleil.*

A 4 heures et quart, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Commission chargée de dresser une liste de candidats pour la première place de Membre non résident créée par le Décret du 17 mars 1913, présente, par l'organe de M. F. Guyon, Président de l'Académie, la liste suivante :

En première ligne	M. Sabatier
En deuxième ligne, par ordre alphabétique	MM. Bazin Gouy
En troisième ligne, par ordre alphabétique	MM. Depéret Duhem Henri Fabre

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 6 heures.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 31 mars 1913.

Ministère de l'Intérieur. Direction de l'Assistance et de l'Hygiène publiques; 5e Bureau. *Statistique sanitaire de la France;* 1re Partie : *Villes de* 5000 *habitants et au-dessus;* année 1911 : A. *Relevés annuels* (1911). — B. *Tableaux rétrospectifs* (1886-1911). Melun, Imprimerie administrative, 1912; 1 vol. in-4°.

Étude sur les Cardiocératidés de Dives, Villers-sur-Mer, et quelques autres gisements, par ROBERT DOUVILLÉ. (*Mémoires de la Société géologique de France : Paléontologie;* t. XIX, fasc. 2.) Paris, 1912; 1 fasc. in-8°.

Classificazione topologica delle superficie di Lamé algebriche, per CESARE COPPEDÉ. Florence, 1912; 1 fasc. in-8°.

Sur la rotation des forces autour de leurs points d'application et l'équilibre astatique, par FERNANDO DE VASCONCELLOS. Coïmbre, 1912; 1 fasc. in-8°.

The analysis of light, a force of nature, by CHAS. M. ROUSSEAU. San Francisco, 1913; 1 fasc. in-8°.

Observations du passage de Mercure sur le disque du Soleil, le 14 *novembre* 1907, par M.-N. DONITCH. Saint-Pétersbourg, Imprimerie de l'Académie impériale des Sciences, 1912; 1 fasc. in-8°.

Dedication of the New Allegheny Observatory, august 28th, 1912. (*Miscellaneous scientific papers of the Allegheny Observatory;* new series, t. II, n° 2.) Lancaster, Pa., 1913; 1 fasc. in-8°.

The theory of the submarine telegraph cable, by BÉLA GÁTY. (Extr. de *The Electrician;* 10 janvier 1913.) Londres, Geo. Tucker; 1 fasc. in-8°.

But et méthodes de la Géographie scientifique, par J.-J. SEDERHOLM. (*Fenia.* 32, n° 11. Résumé.) Helsingfors, 1912; 1 fasc. in-8°.

Flore du bas et du moyen Congo. Étude de Systématique et de Géographie botaniques, par EM. DE WILDEMAN. (*Annales du Musée du Congo belge : Botanique.* 5e série, t. III; fasc. 3, p. 317-533, pl. L-LXVIII.) Bruxelles, novembre 1912; 1 fasc. in-f°.

Early botanists of Rochester and vicinity and the botanical Section, by FLORENCE BECKWITH. (*Proceedings of the Rochester Academy of Sciences;* t. V, p. 39-58, pl. 1, 2.) Rochester, N. Y., février 1912; 1 fasc. in-8°.

Journal de Chimie physique, publié par PHILIPPE-A. GUYE; t. XI, n° 1, 28 février 1913. Genève, Georg et Cie; Paris, Gauthier-Villars; 1 fasc. in-8°.

Bulletin mensuel de l'Observatoire météorologique de l'Université d'Upsala; t. XLIV, année 1912, par F. ÅKERBLOM. Upsal, 1912-1913; 1 fasc. in-4°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 7 AVRIL 1913.

Institut de France. Académie des Sciences. *Décret [portant création de six Membres non résidents de l'Académie des Sciences].* (Extr. des *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences;* t. 156, p. 927. Séance du 25 mars 1913.) Paris, Gauthier-Villars; 1 fasc. in-4°.

Recherches sur les gaz rares des sources thermales. Leurs enseignements concernant la radioactivité et la physique du globe, par M. CHARLES MOUREU, Membre de l'Institut. (*Journal de Chimie physique;* t. XI, n° 1, février 1913.) Paris, Gauthier-Villars; Genève, Georg et Cie; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Records of the Survey of India; t. II, 1910-11, prepared under the direction of Colonel S.-G. BURRARD, Surveyor general of India. Calcutta, 1913; 1 vol. in-4°. (Transmis par M. le Ministre des Affaires étrangères.)

Collected Papers reprinted from the « Journal of the Royal Army medical Corps »; t. I, december 1912. Londres; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Ph. van Tieghem.)

Annales de l'Observatoire national d'Athènes, publiées par DÉMÉTRIUS EGINITIS, Directeur de l'Observatoire; t. VI. Athènes, 1912; 1 vol. in-4°.

Les Céphéides considérées comme étoiles doubles, avec une monographie de l'étoile variable δ Céphée, par MICHEL LUIZET; avec 22 figures dans le texte. (*Annales de l'Université de Lyon;* nouvelle série; I : Sciences médicales, fasc. 33.) Paris, Gauthier-Villars; Lyon, A. Rey, 1912; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. B. Baillaud.)

Pascal inédit, par ERNEST JOVY : V. *Notes pathologiques sur Pascal et son entourage.* Vitry-le-François, 1912; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Darboux. Hommage de l'auteur.)

Actes de la Société linnéenne de Bordeaux; t. XLVI. Bordeaux, A. Saugnac, 1912; 1 vol. in-8°.

Plastosomen « Apparato reticolare interno », und Chromidial apparat, von J. DUESBERG. (Extr. de *Eregebnisse der Anatomie und Entwickelungsgeschichte;* t. XX, 1912, 2e partie.) Wiesbaden, J.-F. Bergmann, 1912; 1 vol. in-8°.

En confirmation du principe erroné en Mathématique, par WLADIMIR DE RIPPAS. Saint-Pétersbourg, 1912; 1 fasc. in-8°.

Repertorium specierum novarum regni vegetabilis. Centralblatt für Sammlung und Veröffentlichung von Einzeldiagnosen neuer Pflanzen, herausgegeben von FRIEDRICH FEDDE : Bd. VIII, nos 1-38, 15 Januar 1910-15 November 1910; Bd. IX, nos 1-38, 10 Dezember 1910-30 September 1911; Bd. X, nos 1-38, 20 Oktober 1911-10 Juni 1912; Bd. XI, nos 1-38, 1 Juli 1912-25 Februar 1913. Berlin-Wilmersdorf; 40 fasc. in-8°.

ERRATA.

(Séance du 10 mars 1913.)

Note de M. *J. de Boissoudy*, Sur la loi du rayonnement noir et la théorie des quanta :

Page 766, formule (2), *au lieu de* $E_1 + \frac{RT}{N}\frac{x}{e^x - 1}$, *lire* $E_1 = \frac{RT}{N}\frac{x}{e^x - 1}$.

Page 767, formule (4), *au lieu de* $c_1 = 3R\frac{x^2 e^2}{(e^x - 1)^2}$, *lire* $c_1 = 3R\frac{x^2 e^x}{(e^x - 1)^2}$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 AVRIL 1913.

PRÉSIDENCE DE M. F. GUYON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président du Conseil, Ministre de l'Instruction publique**, adresse ampliation du Décret en date du 16 avril 1913 qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. *Landouzy* pour occuper, dans la Section des Académiciens libres, la place vacante par le décès de M. *Teisserenc de Bort*.

Il est donné lecture de ce Décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Landouzy** prend place parmi ses Confrères.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Tétraalcoylation des cyclohexanone et β-méthylcyclohexanone, et trialcoylation de la menthone.* Note de M. **A. Haller.**

Dans une série de Notes communiquées à l'Académie nous avons montré que, dans beaucoup de réactions de substitution, l'emploi de l'amidure de sodium présentait de grands avantages sur celui du sodium ou de ses alcoolates qui, souvent, donnent lieu à des réactions parasitaires. Nous avons de plus fait voir que, là où le métal alcalin ne réagit plus, son amidure peut encore être employé pour introduire le sodium dans certaines molécules organiques.

Un des cas les plus anciens [1], où nous avons mis en évidence cette

---

[1] A. Haller, *Comptes rendus*, t. 140, 1905, p. 127.

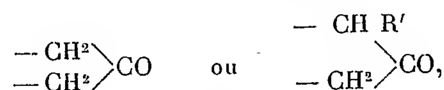
aptitude réactionnelle de l'amidure, est celui observé avec la β-méthylcyclohexanone dans laquelle nous avons pu introduire jusqu'à quatre radicaux méthyle, pour aboutir à la pentaméthylcyclohexanone.

Le but de ces recherches est de revenir sur ce dernier composé et de montrer que, dans toute *cétone cyclique saturée*, *les deux carbones avoisinant le groupement cétonique peuvent échanger tout leur hydrogène contre des radicaux méthyle ou allyle*, et, dans certains cas, contre d'autres radicaux hydrocarbonés.

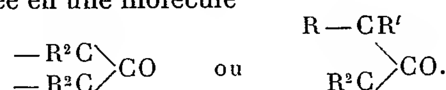
En un mot, nous voulons faire voir qu'à l'égal des cétones aliphatiques et des cétones mixtes renfermant respectivement les complexes


$$R - CH^2.CO.CH^2 - R' \quad \text{et} \quad Ar.CO.CH^2 - R,$$

toute molécule cyclique contenant le groupement



peut être transformée en une molécule

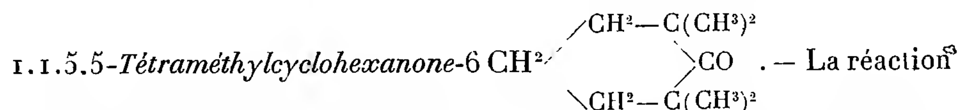


Nos recherches ont porté sur la cyclohexanone, la β-méthylcyclohexanone et la menthone. Ces cétones ont été dissoutes dans l'éther anhydre et la solution a été additionnée d'une quantité équimoléculaire d'amidure de sodium finement pulvérisé. Suivant la cétone mise en œuvre, la réaction avec l'amidure est plus ou moins vive et provoque parfois la condensation d'une partie du produit sur lui-même. Quand tout l'amidure a disparu et qu'il ne se dégage plus d'ammoniaque, on fait tomber dans le mélange sodé la quantité théorique de l'iodure alcoolique et l'on chauffe jusqu'à neutralisation complète. Après refroidissement on lave à l'eau, on décante la partie surnageante, on sèche et l'on chasse l'éther.

Le résidu, soumis à la rectification, fournit un mélange de produit non entré en réaction, de dérivés mono, di, tri et tétraalcoylés où le dérivé monosubstitué domine. Beaucoup de ces dérivés monosubstitués ayant déjà été préparés par nous (¹), nous n'avons pas cru devoir les isoler et avons soumis le produit brut, bien sec, dissous dans la benzine ou le toluène, à l'action d'une nouvelle quantité d'amidure, puis de la quantité

(¹) A. HALLER, *Comptes rendus*, t. 138, 1904, p. 1139 et t. 140, p. 127 et 230.

correspondante d'iodure alcoolique. La réaction terminée, on procède encore une ou deux fois et successivement au même traitement que celui que nous venons de décrire et l'on fractionne finalement le produit obtenu.



1.1.5.5-*Tétraméthylcyclohexanone*-6 CH^2 . — La réaction entre la cétone et l'amidure est très vive, au moins pour les trois premières opérations, car, pour la quatrième, la fixation de l'atome de sodium sur la triméthylcyclohexanone n'est intégrale qu'à la condition d'opérer à l'ébullition de l'éther.

Dans cette préparation il se forme toujours le produit de condensation de la cyclohexanone sur elle-même, déjà étudié par M. Wallach. Toutefois cette condensation est d'autant moins importante que la cétone a déjà fixé plus de groupes méthyle. Par rapport à la cyclohexanone mise en œuvre, le rendement est d'environ 40 pour 100.

La tétraméthylcyclohexanone est un liquide qui bout à 185°-186° à la pression ordinaire : $d_{17,5} = 0,8936$; $n^D_{18} = 1,447$; d'où R.M. = 46,16 ; calculé = 46,22.

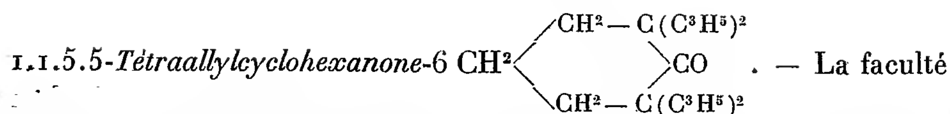
Son odeur, surtout à chaud, rappelle celle du camphre.

Elle ne fournit pas de semicarbazone. L'amidure de sodium ne l'attaque pas au sein du benzène et du toluène bouillants, mais la résinifie en majeure partie quand on chauffe en milieu xylénique. Il se forme en outre une petite quantité d'un produit à odeur piquante, soluble dans l'acide sulfurique étendu.

1.1.5.5-*Tétraméthylcyclohexanol*-6. — Préparé par réduction de la cétone au moyen du sodium et de l'alcool absolu, ce produit constitue une huile, à odeur de moisi, qui bout à 195°-197° sous 767^{mm} : $d_{17} = 0,9001$; $n_D^{17} = 1,455$; d'où R.M. = 47,04 ; calculé = 47,62.

La *phényluréthane* $C^{17}H^{25}O^2N$ cristallise en aiguilles groupées en houppes qui fondent à 97°-98°.

Éthylcyclohexanones. — En cherchant à préparer ces composés dans les mêmes conditions que le dérivé tétraméthylé, on n'a pu obtenir que de très faibles quantités d'un produit liquide passant de 165° à 180° et qui est vraisemblablement constitué par un mélange de dérivés mono et diéthylés. La majeure partie (70 pour 100) de la cyclohexanone s'est condensée sur elle-même.



. — La faculté substituante de l'iodure d'allyle étant beaucoup plus prononcée que celle de l'iodure d'éthyle, il a été facile de préparer ce corps en employant le mode opératoire qui nous a servi pour produire le dérivé tétraméthylé. Il s'est encore formé du produit de condensation de la cyclohexanone sur elle-même, mais on a néanmoins obtenu, avec un rendement de 77 pour 100, un liquide bouillant à 170°-171° sous 18mm et dont les constantes sont les suivantes :

$$D_{17} = 0,9490, \quad n_D^{16} = 1,4920$$

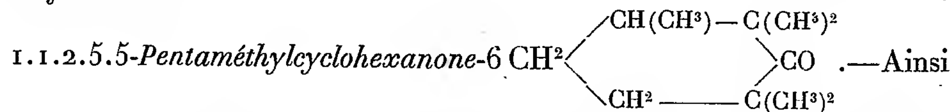
d'où

$$\text{R. M.} = 78,90. \quad \text{Calculé : } 81,46. \quad \text{Diff.} = -2,56.$$

Nous donnons ici les chiffres trouvés expérimentalement, nous réservant de revenir sur ces résultats qui sont inattendus.

1.1.5.5-*Tétraallylcyclohexanol*-6. — Hydrogénée au moyen du sodium et de l'alcool absolu, la cétone tétraallylée a fourni un liquide distillant à 171°-173° sous 15mm, et dont les constantes sont les suivantes : $d_{17} = 0,9523$; $n_D^{17} = 1,4975$; d'où R. M. = 79,80 alors que la théorie exige 82,80; d'où une différence de $-3,00$.

L'odeur de cet alcool rappelle celle de l'acroléine. Il ne donne pas de phényluréthane.



.—Ainsi que nous l'avons fait remarquer au commencement de cette Note, ce dérivé a déjà été signalé par nous en 1905 (¹). Il avait été obtenu en méthylant une β-méthyclyclohexanone active provenant du dédoublement de la pulégone. Nous avons préparé les deux dérivés actif et inactif, ce dernier en partant d'une β-méthylcyclohexanone obtenue par hydrogénation du métacrésol. La méthylation, dans les deux cas, a été faite en quatre fois, au sein de l'éther anhydre. Quand on ajoute l'amidure à la cyclohexanone β méthylée, diluée dans l'éther, la réaction est très vive et nécessite des précautions. Quand on arrive au contraire à la quatrième méthylation, il est nécessaire de chauffer à l'ébullition la solution éthérée de la tétraméthylcyclohexanone

---

(¹) A. HALLER, *loc. cit.*

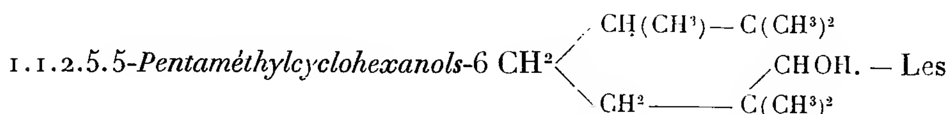
pour déterminer la décomposition de l'amidure de sodium et obtenir le dérivé sodé.

Ajoutons qu'une partie de la β-méthylcyclohexanone se condense également sur elle-même mais dans des proportions beaucoup moindres que ne l'éprouve la cyclohexanone.

Les deux 1.1.2.5.5-*pentaméthylcyclohexanones*-6, active et inactive, constituent des liquides à odeur pénétrante rappelant celle du camphre. Elles ne se combinent pas à la semicarbazide ni à l'hydroxylamine et se comportent, à l'égard de l'amidure de sodium, comme la tétraméthylcyclohexanone.

Les constantes physiques des deux isomères sont les suivantes :

	Produit actif.	Produit inactif.
Point d'ébullition sous 765mm...	201°-202°	202°-203°
» sous 23mm....	93°-94°	
Densité	d_{20} = 0,8979	d_{18} = 0,8997
Indice de réfraction...........	$n^{D}_{17,5}$ = 1,4515	$n^{D}_{17,5}$ = 1,4553
Réfraction moléculaire : trouvé..	50,32	50,71
» calculé..	50,82	50,82
Pouvoir rotatoire.............	$[\alpha_D]$ = +24°,00	0

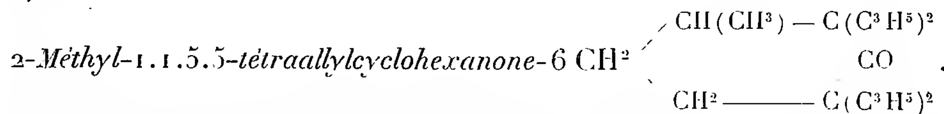
1.1.2.5.5-*Pentaméthylcyclohexanols*-6  — Les cétones précédentes ont fourni par hydrogénation, au moyen du sodium et de l'alcool absolu, les carbinols correspondants qui possèdent les constantes :

	Produit actif.	Produit inactif.
Point d'ébullition sous 767mm.........	210°-212°	213°-214°
Point de fusion	liquide	45°

Le pentaméthylcyclohexanol actif est liquide et possède une odeur de moisi, tandis que l'inactif se présente sous la forme de prismes fondant à 45°.

La *phényluréthane* de l'*alcool actif* cristallise en fines aiguilles groupées fondant à 105°-106°.

La *phényluréthane* de l'alcool inactif constitue également de fines aiguilles fondant à 127°.

2-*Méthyl*-1.1.5.5-*tétraallylcyclohexanone*-6  — L'allylation de la β-méthylcyclohexanone s'effectue dans les mêmes conditions que la méthylation. Les dérivés monoallylé et diallylé ont déjà

été décrits (¹). Nous n'avons pas cherché à isoler le composé triallylé et nous nous sommes borné à préparer le produit trisubstitué. L'opération a été faite au sein du benzène.

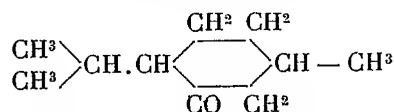
La β-méthyltétraallylcyclohexanone constitue un liquide bouillant à 165°-169° sous 12ᵐᵐ, dont la densité à 15° = 0,954 et le pouvoir rotatoire spécifique $[\alpha]_D = +36°17'$.

2-*Méthyl*-1.1.5.5-*tétraallylcyclohexanol*-6. — Préparé au moyen du sodium et de l'alcool absolu, cet hexanol constitue un liquide bouillant à 187°-189° sous 25ᵐᵐ et dont l'odeur rappelle celle de l'acroléine : $D_{17} = 0{,}9613$; $n^D_{16,5} = 1{,}5054$; d'où R.M. trouvé = 84,70, alors que la théorie exige 87,40; d'où une différence de — 2,7.

Le pouvoir rotatoire spécifique $[\alpha_D] = -9°52'$.

Cet alcool ne se combine pas à l'isocyanate de phényle.

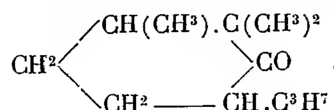
Alcoylation de la menthone. — Les menthones naturelles et synthétiques ne sont que des 2-*méthyl*-5-*isopropylcyclohexanones*-6 actives ou inactives. Comme le montre la formule de constitution,



les deux atomes de carbone avoisinant le groupement CO renferment encore trois atomes d'hydrogène susceptibles d'être remplacés par des radicaux hydrocarbonés.

Nous avons déjà préparé toute une série de dérivés monoalcoylés (²) en opérant au sein de l'éther absolu. Pour pousser l'alcoylation plus loin, il est nécessaire d'employer comme dissolvant du *toluène*, car la benzine elle-même ne facilite pas la substitution.

Diméthylmenthone ou 1.1.2-*triméthyl*-5-*isopropylcyclohexanone*-6



— On prépare d'abord le dérivé monométhylé en traitant la menthone

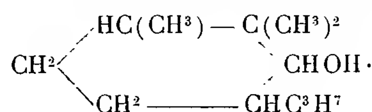
(¹) A. Haller, *loc. cit.*

(²) A. Haller, *Comptes rendus*, t. 138, 1904, p. 1139.

active $[\alpha]_D = -20°10'$, au sein de l'éther ou de la benzine, par de l'amidure de sodium puis par de l'iodure de méthyle. Le produit est ensuite isolé, dissous dans le toluène et soumis à l'action successive de l'amidure de sodium et de l'iodure de méthyle. Après rectification on obtient un liquide bouillant à 108°-109°, sous 14^{mm}, qui avait la composition de la diméthylmenthone.

De nombreux essais ont été tentés pour obtenir la triméthylmenthone ; ils sont restés sans succès.

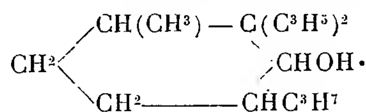
Diméthylmenthol ou 1.1.2-*triméthyl*-5-*isopropylcyclohexanol*-6



— Préparé comme ses congénères, cet alcool se présente sous la forme d'un liquide bouillant à 245°-247° sous la pression ordinaire, et dont le pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = +3°23'$.

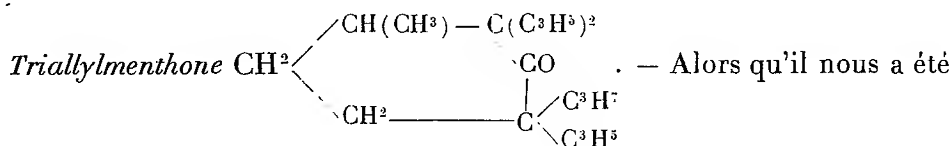
La *phényluréthane* ne peut être obtenue qu'en chauffant cet hexanol avec le carbanile à 100°, en tube scellé, pendant 17 heures. On a isolé deux produits dont l'un fond à 90°-91° et l'autre à 114°-116°.

Diallylmenthone ou 2-*méthyl*-1.1-*diallyl*-5-*isopropylcyclohexanone*-6



— On commence par préparer la monoallylmenthone déjà décrite [1] et on la traite, au sein du toluène, successivement par de l'amidure de sodium et de l'iodure d'allyle.

Le dérivé diallylé bout à 146°-147° sous 13^{mm} et possède le pouvoir rotatoire spécifique $[\alpha]_D = +25°50'$.



(1) A. Haller, *Comptes rendus*, t. 138, 1904, p. 1140.

impossible de substituer un troisième méthyle dans la menthone, nous avons réussi à produire la triallylmenthone en opérant au sein du xylène. C'est un liquide bouillant à 166°-167° sous 14^{mm} et dont le pouvoir rotatoire spécifique $[\alpha]_D = +6°40'$.

En résumé, les recherches que nous venons d'exposer nous montrent :

1° Que, dans les cyclohexanones déjà substituées ou non, on peut, par l'intermédiaire de l'amidure de sodium, remplacer tous les atomes d'hydrogène unis aux deux atomes de carbone voisins du groupement cétonique CO, par des radicaux hydrocarbonés, notamment par du méthyle et de l'allyle ;

2° Que cette substitution est toujours accompagnée de produits de condensation des cyclohexanones sur elles-mêmes, quand il s'agit de la cétone cyclique la plus simple et de son dérivé β méthylé, ce dernier se condensant toutefois moins facilement que son homologue inférieur, alors que la menthone ne donne point de produits de condensation;

3° Qu'avec la cyclohexanone cette condensation s'accentue davantage quand on essaie de substituer, toujours dans les mêmes conditions, des radicaux homologues supérieurs du méthyle, au point qu'on n'obtient que très peu de dérivés substitués;

4° Que les tétra, penta et hexaalcoylcyclohexanones ainsi obtenues ne se combinent plus avec l'hydroxylamine ni avec la semicarbazide et qu'au sein de l'éther, la benzine et le toluène, elles résistent à l'action de l'amidure de sodium. Au sein du xylène il semble toutefois y avoir rupture du noyau avec formation de dérivés basiques très complexes.

Tous ces composés sont assimilables aux tétraalcoylacétones qui, toutes, se refusent à former, avec l'hydroxylamine ou avec la semicarbazide, des oximes ou semicarbazones. Certaines d'entre elles, comme l'hexaéthylacétone et la tétraméthyldiisobutylacétone symétrique, résistent également à l'action dédoublante de l'amidure de sodium.

Ces recherches ont été exécutées avec le concours de MM. Benoist, Cornubert et Couard qui m'ont secondé avec autant de zèle que d'intelligence.

THERMOCHIMIE. — *Étude thermochimique du nitrate d'uranyle et de ses hydrates.* Note de M. DE FORCRAND.

J'ai indiqué récemment [1] les résultats de mes expériences au sujet des hydrates du nitrate d'uranyle, lesquels sont au nombre de quatre : à 1, 2, 3 et $6H^2O$.

Les données thermochimiques relatives à ces composés et au sel anhydre m'ont paru un peu incertaines.

Elles ont bien été déterminées l'année dernière par M. Chauvenet (sauf pour le monohydrate, qui n'était pas connu) avec des produits préparés par M. Markétos, lequel les a reproduites dans son Mémoire sur la préparation du sel anhydre [2], mais cette publication contient malheureusement des fautes d'impression qui rendent l'interprétation de ces nombres incertaine. En outre, le nombre $+2^{Cal}$ pour le trihydrate ne concorde pas du tout avec celui qu'a donné antérieurement [3] M. Aloy, soit $-3,70$. De même encore la chaleur de dissolution $+16^{Cal}$ du sel anhydre comparée à celle $(+5,42)$ du dihydrate conduirait à une stabilité moindre que celle que j'ai constatée directement pour le dihydrate.

Pour toutes ces raisons, j'ai repris l'étude thermochimique de tous ces composés.

Conformément à ce qu'avait annoncé M. Lebeau, le dihydrate peut être obtenu dans un état de pureté absolue. Il n'est d'ailleurs ni déliquescent ni efflorescent à froid. C'est le point de départ le plus certain de toute cette série.

L'hexahydrate du commerce, purifié, ne contient jamais exactement $6H^2O$. On s'en aperçoit précisément en le déshydratant à froid pour obtenir le dihydrate. Ainsi l'échantillon dont je me suis servi a toujours perdu exactement $3,975H^2O$, au lieu de $4H^2O$. D'où il résulte que cet échantillon était en réalité à $5,975H^2O$, et, par suite, très légèrement effleuri. Mais la correction est très faible et facile à faire avec sécurité.

Quant au trihydrate, si son existence est certaine, sa préparation est beaucoup moins sûre, car, ainsi que je l'ai expliqué, la déshydratation (sous cloche sulfurique, à la pression atmosphérique) ne s'arrête pas fran-

(1) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1044.
(2) *Ibid.*, t. 155, 1912, p. 210.
(3) *Ibid.*, t. 122, 1896, p. 1541.

chement au trihydrate. En mettant fin à l'expérience au moment où le résidu contiendrait exactement $3H^2O$, on risquerait donc d'avoir des mélanges de trihydrate avec un peu de dihydrate déjà formé à la surface des grains, et d'hexahydrate non encore dissocié à l'intérieur. Aussi, en vue de déterminations thermochimiques, vaut-il mieux dépasser un peu le terme $3H^2O$ et opérer sur des produits à 2,95 ou 2,90 H^2O seulement; on corrige ensuite le résultat pour le rapporter au trihydrate véritable.

Le monohydrate est encore moins facile à obtenir. J'ai utilisé le produit dont j'ai parlé dans ma précédente Note, lequel contenait en réalité $\frac{1}{76}$ (soit un peu moins de 1 pour 100) de UO^3H^2O. Il en résulte une faible correction additive pour la chaleur de dissolution, correction que j'ai évaluée à $0^{Cal},1$, en raisonnant par analogie d'après les données de M. Sabatier sur l'azotate de cuivre à excès d'oxyde (1). Cette correction est de moins de $\frac{1}{100}$ du nombre à mesurer.

Quant au sel anhydre, je me suis servi du produit contenant $\frac{1}{28}$ d'acide uranique. La correction qui en résulte, de $0^{Cal},28$, ne dépasse guère $\frac{1}{70}$ du nombre à mesurer.

J'ai effectué, à la manière ordinaire, entre 11° et 13°, la dissolution de tous ces composés. J'ai obtenu, toutes corrections faites, les nombres qui suivent, en regard desquels j'indique ceux donnés par M. Markétos et par M. Aloy :

		M. Markétos.	M. Aloy (2).
	Cal	Cal	
Hexahydrate	— 5,45	— 4,76	
Trihydrate	+ 1,35	+ 2,00	$-3^{Cal},70$
Dihydrate	+ 5,05	+ 5,42	
Monohydrate	+11,87		
Sel anhydre	+19,00	+16,00	

Toutes ces dissolutions ont eu lieu rapidement, sans écraseur (2 à 3 minutes); les liqueurs sont parfaitement claires (3).

On déduirait, des nombres précédents, par différence :

(1) *Comptes rendus*, t. 125, 1897, p. 303.

(2) Le nombre donné par M. Aloy pour le trihydrate laisserait penser qu'il a opéré en réalité sur l'hexahydrate, bien qu'il écrive la formule du trihydrate et prenne la peine d'indiquer son poids moléculaire : 450, qui est bien en effet celui du trihydrate, si l'on prend U = 240.

(3) M. Aloy indique que la dissolution de tous ces sels d'uranium se fait avec lenteur, et que la liqueur demeure longtemps trouble.

		A partir de H^2O liq.	A partir de H^2O gaz.
Sel anhydre + H^2O sol. = monohydrate solide	+ 5,70..	+7,13	+16,79
Monohydrate + H^2O sol. = dihydrate solide	+ 5,39..	+6,82	+16,48
Dihydrate + H^2O sol. = trihydrate solide	+ 2,27..	+3,70	+13,36
$\frac{1}{3}$ trihydrate + H^2O sol. = $\frac{1}{3}$ hexahydrate solide	+ 0,84..	+2,27	+11,93

Comme il arrive *toujours*, la chaleur d'hydratation des hydrates successifs, à partir du sel anhydre, va en diminuant. Elle devient même tellement faible pour le passage du tri à l'hexahydrate qu'on peut en conclure qu'il n'existe certainement aucun hydrate contenant plus de $6H^2O$; car les nombres de la première colonne doivent rester positifs.

On peut encore calculer, d'après ces données, la température d'ébullition de chacun de ces hydrates, en appliquant aux nombres de la troisième colonne ma relation générale : $\frac{Q}{T} = 30$ environ (ici : 29,73). On trouve ainsi les résultats qui suivent, en regard desquels j'indique ceux qu'on obtiendrait avec les nombres publiés par M. Markétos :

		D'après M. Markétos.
Pour le monohydrate	+292 °C.	
Pour le dihydrate	+281	+230 °C.
Pour le trihydrate	+176	+164
Pour l'hexahydrate	+128	+128

Il n'y a accord que pour l'hexahydrate.

Ce composé apparaît bien comme un hydrate dont la tension d'efflorescence n'est pas négligeable à la température ordinaire, et dont les cristaux peuvent, pour cette raison, contenir en réalité un peu moins de $6H^2O$. Il se trouve, à ce point de vue, dans des conditions pareilles à celles du sulfate de zinc à $7H^2O$, dont les cristaux s'effleurissent un peu à la longue dans l'air sec.

Le trihydrate est déjà notablement plus stable, mais la différence (48°), quoique non négligeable, n'est pas assez grande pour que la tension d'efflorescence soit pratiquement nulle à la température ordinaire. Il faudrait le comparer plutôt à de la glace à — 60° C., laquelle aurait encore une tension de vapeur de $0^{mm},007$ (Nernst). Aussi, sous cloche sulfurique, même à la pression ordinaire, observe-t-on que la déshydratation du trihydrate a lieu, quoique beaucoup plus lentement que celle de l'hexahydrate.

Le dihydrate est beaucoup plus stable, son point d'ébullition atteignant + 281° C. Il faudrait le comparer à de la glace prise à — 165° C. Aussi résiste-t-il absolument à l'action de la cloche sulfurique, même dans

le vide, à $+15°$ C. Mais si nous le portons à la température de $+98°$ C., surtout dans un courant de gaz inerte sec, nous annulons par cela même, ou à peu près, la différence de 281° à 176°; le dihydrate perd alors, très lentement d'ailleurs (150 heures), *une* de ses molécules d'eau et passe à l'état de monohydrate.

L'autre molécule résiste encore, puisque nous étions à la limite pour la précédente, et que le monohydrate bout à 11° plus haut que le dihydrate. Pour en éliminer l'eau en 150 heures, il faudrait élever la température à $+110°$ environ. En fait, j'ai montré qu'on obtenait ce résultat à $+125°$ en 60 heures, ce qui concorde sensiblement.

Tous ces phénomènes de déshydratation successive s'expliquent donc parfaitement par les données thermochimiques obtenues.

Et il me paraît tout à fait inutile, pour comprendre notamment que le dihydrate demeure stable à froid, de lui supposer une constitution spéciale, et de dire que ses deux molécules d'eau y jouent un rôle particulier, ainsi que M. Lebeau a proposé de le faire. La seule propriété particulière que possèdent ces molécules d'eau, soit dans le dihydrate, soit dans le monohydrate, vient de ce qu'elles sont fixées avec plus de force que les quatre autres.

De même, dans le sulfate de zinc à $7H^2O$, il y a six molécules qui sont très peu stables, tandis que le sulfate monohydraté bout seulement à $+337°$, sans que cette dernière molécule se distingue certainement des autres par autre chose que par l'énergie plus grande avec laquelle elle se trouve unie au sulfate.

D'une façon générale, il me paraît peu profitable aux progrès de la science de recourir, sans raison valable, à cette notion mystérieuse de *complexe*, dont on tend à faire un singulier abus de nos jours.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section des Académiciens non résidents.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 51,

M. Sabatier obtient	. . . .	46 suffrages
M. Gouy »	. . . .	3 »
M. Bazin »	. . . .	1 suffrage
M. Stéphan »	. . . .	1 »

M. **Sabatier**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Mécanique, en remplacement de M. *Amsler*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 48,

M. Jules Boulvin obtient	. . . .	43 suffrages
M. Schwœrer »	. . . .	5 »

M. **Boulvin**, ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

COMMISSIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'une Commission de six Membres, qui devra présenter une liste de candidats à la place vacante, dans la Section des Académiciens libres, par le décès de M. *L. Cailletet*.

Cette Commission, qui se réunira sous la présidence de M. le Président de l'Académie, doit comprendre : deux Membres de la Division des Sciences mathématiques; deux Membres de la Division des Sciences physiques; deux Membres de la Section des Académiciens libres.

MM. **E. Picard**, **Villard**, pour les Sciences mathématiques; MM. **Zeiller**, **Le Chatelier**, pour les Sciences physiques; MM. **A. Carnot**, **Tisserand**, pour les Académiciens libres, réunissent la majorité des suffrages.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Le fascicule I, 1908 (*Mémoires*), et le fascicule III, 1910 (*Pluies*), des *Annales du Bureau central météorologique de France*, publiées par A. Angot, Directeur du Bureau.

2° Le Tome XX, 3e série (avril 1913), des *Annali di Matematica pura e applicata* (dédié à la mémoire de LAGRANGE).

3° Le Tome I des *Mémoires du Service géologique de l'Indo-Chine*, qui contient : *Étude géologique du Yun-nan oriental*, par J. DEPRAT et H. MANSUY; *Mission du Laos*, par H. MANSUY; *Contribution à la géologie du Tonkin*, par H. MANSUY. (Présenté par M. Douvillé.)

4° Le Volume II, année 1911, des *Tables annuelles de constantes et données numériques de Chimie, de Physique et de Technologie*. Secrétaire général : CH. MARIE. (Présenté par M. G. Lippmann.)

5° A. GRUVEL. *L'industrie des pêches sur la côte occidentale d'Afrique*. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

M. **André Blondel** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section des Académiciens libres, par le décès de M. *L. Cailletet*.

MM. **C. Guichard** et **Tilho** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

Mme veuve **H. Rück** adresse également des remercîments à l'Académie.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Un théorème sur la fonction gamma.* Note de M. **H. Burkhardt**, présentée par M. Émile Picard.

Le développement suivant de $\log \Gamma(x)$ me paraît digne d'être signalé. On a

$$\begin{aligned}\log\Gamma(x) = \sqrt{2\pi} + x\log x - x \\ &+ \frac{1}{2}[x\log x - (x+1)\log(x+1)+1] \\ &+ \frac{1}{3}[x\log x - 2(x+1)\log(x+1) + (x+2)\log(x+2)] \\ &+ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ &+ \frac{1}{m}\Big[x\log x - (m-1)(x+1)\log(x+1) + \frac{(m-1)(m-2)}{1.2}(x+2)\log(x+2) + \ldots \\ &\qquad + (-1)^{m-1}(x+m-1)\log(x+m-1)\Big] \\ &+ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\end{aligned}$$

Cette série converge pour toute valeur réelle et positive de x. Il faut prendre les valeurs arithmétiques des logarithmes.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur des transcendantes entières généralisant les fonctions exponentielles et trigonométriques.* Note de M. **Michel Petrovitch**, présentée par M. Émile Picard.

Si dans l'expression

(1) $$\alpha_n = \frac{\int_a^b u r^n \, dt}{\int_a^b u \, dt}$$

on remplace u et r par diverses fonctions de t, réelles, finies et continues pour t compris dans l'intervalle réel et fini (a, b), on a des suites

$$1, \quad \alpha_1, \quad \alpha_2, \quad \alpha_3, \quad \ldots,$$

en nombre illimité. Les séries

(2) $$\begin{cases} I(x) = 1 + \frac{\alpha_1}{1!}x + \frac{\alpha_2}{2!}x^2 + \ldots, \\ I_1(x) = 1 - \frac{\alpha_2}{2!}x^2 + \frac{\alpha_4}{4!}x^4 - \ldots, \\ I_2(x) = \frac{\alpha_1}{1!}x - \frac{\alpha_3}{3!}x^3 + \frac{\alpha_5}{5!}x^5 - \ldots, \end{cases}$$

liées par la relation

(3) $$I(xi) = I_1(x) + iI_2(x),$$

lesquelles, dans le cas particulier de $r = \text{const.}$, se réduisent aux fonctions élémentaires

$$I(x) = e^{rx}, \qquad I_1(x) = \cos rx, \qquad I_2(x) = \sin rx,$$

représentent, dans le cas de r variable, des transcendantes variées *pouvant, sous plusieurs rapports, être considérées comme généralisations de ces fonctions.*

D'abord, les intégrales définies

(4) $$\begin{cases} I(x) = \frac{1}{L}\int_a^b u e^{rx} \, dt, & L = \int_a^b u \, dt, \\ I_1(x) = \frac{1}{L}\int_a^b u \cos rx \, dt, & I_2(x) = \frac{1}{L}\int_a^b u \sin rx \, dt, \end{cases}$$

par lesquelles se laissent exprimer I, I_1, I_2, mettent en évidence les faits suivants :

1° Ce sont des fonctions *entières* de x, du genre *zéro* ou *un*.

2° La fonction $I(x)$ n'a qu'un nombre limité de zéros réels et un nombre limité de maxima et de minima. Les propositions de Laguerre sur les intégrales de la forme

$$\int_a^b ue^{-xt}\,dt$$

fournissent le moyen de fixer une limite supérieure de ces nombres. Lorsque x augmente indéfiniment, $I(x)$ augmente aussi indéfiniment ou bien tend vers zéro, suivant l'argument avec lequel x augmente. Tout ceci est également valable pour les dérivées d'ordre quelconque de $I(x)$, qui sont toujours fonctions de même espèce.

3° Ces fonctions $I_1(x)$ et $I_2(x)$ sont *oscillantes* pour x réel, à un nombre illimité d'oscillations, ayant un nombre illimité de zéros réels positifs et négatifs et un nombre limité de zéros purement imaginaires. Elles ne surpassent pas, en valeur absolue, une certaine limite finie, pour aucune valeur réelle, finie ou infinie, de x et tendent vers zéro lorsque x augmente indéfiniment par valeurs soit positives, soit négatives. Tout ceci est également valable pour les dérivées d'ordre quelconque de I_1 et I_2, qui sont toujours fonctions de cette même espèce.

4° Des analogies plus profondes avec les fonctions e^{rx}, $\cos rx$, $\sin rx$ apparaissent dans le cas où la fonction u garde un signe invariable entre a et b. Dans ce cas, en désignant par M et N la plus grande et la plus petite valeur que prend la fonction r dans l'intervalle (a, b), les expressions (3) mettent en évidence les faits suivants :

a. La fonction $I(x)$ n'a aucun zéro réel, ni aucun zéro imaginaire à coefficient de i compris entre $-\frac{2\pi}{M}$ et $\frac{2\pi}{M}$. Si, en même temps, r garde un signe invariable dans l'intervalle (a, b), la courbe réelle $y = I(x)$ varie constamment dans un même sens lorsque x varie de $-\infty$ à $+\infty$, sans présenter de maxima, de minima ni de points d'inflexion, et il en est de même d'une dérivée quelconque de $I(x)$. Le polynome obtenu en arrêtant la série $I(x)$ à un terme quelconque de degré pair a tous ses zéros imaginaires.

b. L'expression

$$\frac{1}{x}\log I(x)$$

a une valeur finie et comprise entre M et N pour toute valeur réelle de x.

c. En désignant, d'une manière générale, par λ une fonction de x dont les valeurs, pour toute valeur réelle de x, sont finies et comprises entre $1-h$ et $1+l$, où

$$h=\frac{M-N}{M}>0, \qquad l=\frac{M-N}{N}>0,$$

toute fonction $I(x)$ a pour x réel une *formule d'addition* de la forme

$$I(x_1+x_2+\ldots+x_n)=I(x_1)^{\lambda_1}I(x_2)^{\lambda_2}\ldots I(x_n)^{\lambda_n},$$

et une *formule de multiplication* de la forme

$$I(x_1x_2)=I(x_1)^{x_2\lambda_2}.$$

d. On a des faits analogues pour les fonctions I_1 et I_2 ne variant alors qu'entre $+1$ et -1, avec un nombre illimité d'oscillations de plus en plus amorties, avec un nombre illimité de zéros réels et n'ayant point de zéros purement imaginaires. Je signale particulièrement une sorte de *formule de Moivre généralisée :* en posant

$$H_1(x)=I_1(xi)=\frac{1}{2L}\int_a^b u(e^{rx}+e^{-rx})\,dt,$$
$$H_2(x)=I_2(xi)=\frac{1}{2L}\int_a^b u(e^{rx}-e^{-rx})\,dt$$

(les fonctions H_1 et H_2 généralisent ainsi les *fonctions hyperboliques*), on a

$$[H_1(x)+iH_2(x)]^m=H_1(m\lambda_1x)+iH_2(m\lambda_1x),$$
$$H_1(mx)+iH_2(mx)=[H_1(\lambda_2x)+iH_2(\lambda_2x)]^m,$$

pour toute valeur réelle de x et de m.

Les transcendantes I, I_1, I_2 se présentent dans plusieurs problèmes d'analyse (intégrations des équations différentielles et aux différences finies, réduction de types généraux d'intégrales définies, divers problèmes du Calcul des probabilités, etc.), ce qui donne un intérêt particulier à leur étude.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Sur les systèmes conservatifs non holonomes avec des liaisons dépendantes du temps.* Note de M. A. **Bilimovitch**, présentée par M. Appell.

Si les coordonnées $q_1, q_2, \ldots, q_n$ d'un système matériel sont assujetties à $k(k<n)$ liaisons différentielles non intégrables

$$(1) \qquad \sum_{i=1}^{n} a_{ri}q'_i + a_r = 0 \qquad (r=1, 2, \ldots, k),$$

où a_{ri}, a_r sont les fonctions des coordonnées et du temps, les équations du mouvement avec les multiplicateurs λ_r des liaisons sont les suivantes :

$$(2) \qquad \frac{d}{dt}\frac{\partial T}{\partial q'_i} - \frac{\partial T}{\partial q_i} = Q_i + \sum_{r=1}^{k} \lambda_r a_{ri} \qquad (i=1, 2, \ldots, n);$$

ici T est la force vive du système (la fonction homogène de second degré des vitesses $q'_1, q'_2, \ldots, q'_n$) et Q_i les forces généralisées.

Des équations (2), en utilisant (1), nous avons facilement

$$dT = \sum_{i=1}^{n} Q_i\, dq_i - \sum_{r=1}^{k} \lambda_r a_r\, dt,$$

d'où l'on peut conclure qu'en cas d'existence de la fonction des forces $U\left(Q_i = \frac{dU}{dq_i}\right)$ indépendante du temps et d'homogénéité $(a_r = 0)$ des liaisons (1), l'intégrale des forces vives $T = U + h$, où h est une constante arbitraire, a lieu quoique les coefficients a_{ri} soient les fonctions du temps.

Examinons, comme exemple d'un tel mouvement, la rotation d'un corps solide autour d'un point fixe assujettissant ce mouvement à une liaison différentielle non intégrable.

Réalisons cette liaison par le mécanisme suivant. Fixons à notre corps, aux points d'intersection des deux axes principaux d'inertie, deux fils de telle manière que les tangentes de ces fils aux points de fixation coïncident avec les axes d'inertie. Prenons ces deux fils flexibles, mais sans torsion, et ainsi le tour d'un bout à un certain angle se transmet complètement à l'autre bout. Nous attachons les autres extrémités de ces fils au mécanisme qui permet de changer une vitesse angulaire en une autre de telle manière que le rapport de ces vitesses est une certaine fonction du temps. Le schéma

de ce mécanisme peut être le suivant : deux axes A et B peuvent se transférer parallèlement; sur l'axe A est placée une roue fixe, le long de l'axe B peut glisser un cône n'ayant de rotation qu'avec cet axe; par un ressort, les axes sont construits de telle manière que la roue de l'axe A touche toujours le cône de l'axe B; le frottement entre la roue et le cône est suffisant pour que la rotation d'un axe se transmette complètement à l'autre, alors le rapport des vitesses angulaires de ces axes est inverse à celui de deux rayons : le premier de la roue de l'axe A et le second celui de la section du cône de l'axe B sur laquelle roule à l'instant donné la roue de l'axe A. Si le cône varie sa position sur l'axe B avec le temps, le rapport examiné des vitesses angulaires est une fonction déterminée du temps, que nous désignons par $f(t)$. Nous attachons un des fils conducteurs du corps à l'axe A, l'autre à l'axe B; ces fixations doivent être telles que les tangentes aux points de fixation coïncident avec les axes correspondants.

Si nous désignons par p, q, r les projections de la vitesse angulaire du corps sur les axes principaux d'inertie $Oxyz$, l'équation de liaison différentielle est la suivante :

$$p + f(t)q = 0,$$

à condition que les fils soient fixés aux axes Ox et Oy. Nous déterminons la position du corps solide par les angles d'Euler : φ l'angle de nutation, ψ l'angle de précession, θ l'angle de rotation propre; alors, les projections de vitesse angulaire sont les suivantes :

$$p = -\psi' \sin\varphi \cos\theta + \varphi' \sin\theta, \qquad q = \psi' \sin\varphi \sin\theta + \varphi' \cos\theta, \qquad r = \psi' \cos\varphi + \theta'.$$

Les équations différentielles du mouvement sont

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt}\frac{\partial T}{\partial \varphi'} - \frac{\partial T}{\partial \varphi} &= \frac{\partial U}{\partial \varphi} + \lambda[\sin\theta + f(t)\cos\theta], \\ \frac{d}{dt}\frac{\partial T}{\partial \psi'} - \frac{\partial T}{\partial \psi} &= \frac{\partial U}{\partial \psi} + \lambda \sin\varphi[-\cos\theta + f(t)\sin\theta], \\ \frac{d}{dt}\frac{\partial T}{\partial \theta'} - \frac{\partial T}{\partial \theta} &= \frac{\partial U}{\partial \theta}, \end{aligned}$$

et ont l'intégrale évidente $T = U + h$.

Si notre corps est pesant et si le point fixe coïncide avec le centre de gravité, dans le cas où l'ellipsoïde d'inertie est celui de rotation, le problème se résout par l'intégration des équations simultanées de premier ordre

$$\begin{gathered} \psi' \sin\varphi[-\cos\theta + f(t)\sin\theta] + \varphi'[\sin\theta + f(t)\cos\theta] = 0, \\ \psi' \cos\varphi + \theta' = \Gamma, \\ A(\psi'^2 \sin^2\varphi + \varphi'^2) = 2h - C\Gamma^2. \end{gathered}$$

où A, C sont les moments d'inertie autour des axes $Ox(Oy)$ et Oz; Γ une constante arbitraire.

Des exemples analogues au précédent nous montrent que les mécanismes, réalisant les liaisons homogènes non intégrables dépendant du temps, en changeant le mouvement du système matériel en même temps, ne changent pas l'énergie totale du système, comme dans le cas de liaisons finies indépendantes du temps.

CHRONOMÉTRIE. — *Le frottement et l'isochronisme du spiral double. Propriété remarquable d'un groupe de spiraux doubles convenablement choisi.* Note de M. **Jules Andrade.**

I. Après avoir prévu théoriquement (Note d'août 1911) la loi sinusoïdale des vibrations d'un balancier réglé par deux spiraux ajustés chacun, sans courbes terminales, par la méthode de Pierre Le Roy, j'ai (Notes des 6 janvier et 25 mars 1913) étudié expérimentalement les modes d'assemblage des deux spiraux les plus favorables à l'atténuation des frottements latéraux; l'assemblage optimum est voisin de celui pour lequel les projections des deux viroles sur un plan perpendiculaire à l'axe du balancier sont en coïncidence.

II. J'ai l'honneur de communiquer aujourd'hui à l'Académie une propriété précieuse d'un spiral double à viroles coïncidantes : la pression supportée par la virole commune est purement radiale, mais le frottement qui en résulte ne trouble pas l'isochronisme.

Soient : p l'étendue angulaire commune des deux spiraux associés égale à $(2k+1)\frac{\pi}{2}$, u l'écart du balancier à son point mort, L la longueur de chaque spiral dont le coefficient d'élasticité est E et dont I désigne le moment d'inertie géométrique propre à l'axe de flexion de la section; faisons de plus $\omega_0 = p + u$, $\omega_1 = -p + u$; nous trouvons alors à l'approximation de $\frac{1}{p^2}$ une pression purement radiale sur la virole commune; cette pression $\frac{\mathrm{EI}}{\mathrm{L}^2}\frac{2u}{p^2}(\cos\omega_1 - \cos\omega_0)$ a pour valeur absolue aux amplitudes habituelles $\frac{\mathrm{EI}}{\mathrm{L}^2}\frac{4u\sin u}{p^2}$; et si δ est le coefficient linéaire de résistance au roulement latéral, nous aurons à ajouter au moment pendulaire de l'ensemble des deux spiraux le moment résistant $\varepsilon = -\frac{\delta}{\mathrm{L}}\frac{\mathrm{EI}}{\mathrm{L}}\frac{4}{p^2}u\sin u$.

La méthode de la variation des constantes nous garantit alors, à une approximation de l'ordre de ε^2, l'isochronisme des vibrations conduites par le spiral double, même en ayant égard au frottement.

III. *Avantages pratiques qu'on peut attendre de l'emploi du spiral double ou* D'UN COUPLE *convenablement composé de deux spiraux doubles.*

1° Avec un seul spiral double on perfectionne la méthode de Le Roy, en atténuant les frottements latéraux et en rendant la vibration sinusoïdale; l'utilité pratique de cette transformation est la suivante: on admet généralement que l'épaississement des huiles fait croître lentement, mais très notablement, le terme constant du frottement horizontal exercé par le poids du balancier sur la tête du pivot; c'est à l'égard de ce terme prépondérant que la loi sinusoïdale de la vibration devient une garantie d'isochronisme pour les chronomètres marins.

2° Prenons maintenant deux spiraux doubles, dont l'un est intérieur au premier, mais avec mêmes valeurs des rapports $\frac{\mathrm{EI}}{\mathrm{L}^2}$, chaque système ayant ses viroles coïncidentes, mais la projection commune des viroles de l'un étant (par rapport à l'axe) à l'opposé de la projection commune des viroles de l'autre; on obtient ainsi un régulateur pour chronomètres marins qui, *sans aucune courbe terminale*, *n'exerce plus aucune pression sur l'axe du balancier*.

La démonstration du fait résulte immédiatement de la valeur de la pression radiale donnée plus haut pour le spiral double et de la discussion des pressions tangentielles sur les viroles.

IV. Après avoir ainsi résolu complètement le problème de l'isochronisme du régulateur des chronomètres marins sans recourir aux courbes terminales, je tiens à rappeler le large emprunt que j'ai fait aux travaux de Resal et de M. Caspari et j'ai le devoir de rendre hommage à mon dévoué collaborateur M. Ernest Jaccard, sans qui je n'aurais pu entreprendre l'étude expérimentale de l'extinction des vibrations naturelles du balancier, étude qui, on vient de le voir, suggérait immédiatement la solution du problème cherché.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur le mouvement des milieux visqueux indéfinis.* Note de M. **Louis Roy**, présentée par M. Boussinesq.

L'équation qu'on rencontre dans l'étude du mouvement des milieux visqueux peu déformés est du type suivant :

$$\mathrm{A}\frac{\partial\,\Delta\varphi}{\partial t}+a^2\,\Delta\varphi-\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2}=0, \tag{1}$$

où A, a^2 désignent deux constantes positives, φ une fonction du temps t et de trois coordonnées x, y, z et Δ le symbole opératoire $\frac{\partial^2}{\partial x^2}+\frac{\partial^2}{\partial y^2}+\frac{\partial^2}{\partial z^2}$.

C'est à cette équation que se ramène le problème des petits mouvements d'un milieu vitreux qui n'est soumis à aucune force extérieure et dont la température est uniforme (1); la dilatation cubique et les trois composantes de la rotation moyenne vérifient alors respectivement deux équations de la forme (1), où la quantité A dépend des coefficients de viscosité du milieu et la seconde a^2 de ses coefficients d'élasticité. Enfin, suivant les idées de Helmholtz, l'équation (1) se présente encore dans la théorie de la propagation de l'électricité dans les milieux conducteurs (2).

Nous avons intégré antérieurement l'équation (1) dans le cas d'une seule coordonnée et d'un milieu limité (3); nous nous proposons maintenant d'aborder le cas d'un milieu indéfini. Toutefois, nous ne considérerons pas les conditions initiales les plus générales; nous chercherons seulement à former la fonction $\varphi(x, t)$ définie par les équations

$$(2)\quad \begin{cases} A\frac{\partial^3\varphi}{\partial x^2\,\partial t}+a^2\frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2}-\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2}=0; \\ \text{pour } t=0, \\ \varphi=\frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_{-\infty}^{\infty}f(x+\alpha\sqrt{\eta})\,e^{-\alpha^2}\,d\alpha, \qquad \frac{\partial\varphi}{\partial t}=\frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_{-\infty}^{\infty}g(x+\alpha\sqrt{\eta'})\,e^{-\alpha^2}\,d\alpha; \\ \text{pour } x=\pm\infty, \\ \varphi=0, \end{cases}$$

$f(x)$, $g(x)$ désignant deux fonctions arbitraires satisfaisant aux conditions de Dirichlet et η, η' deux paramètres positifs que nous introduisons pour rendre assurément valables certains développements en séries et faciliter plus tard l'obtention de formules asymptotiques. D'ailleurs, on peut toujours choisir η et η' assez petits pour que les fonctions d'état initial diffèrent aussi peu qu'on veut des fonctions arbitraires $f(x)$ et $g(x)$.

Les équations (2) peuvent s'intégrer par la méthode de l'intégrale de

(1) P. Duhem, *Recherches sur l'élasticité* (*Ann. É. N. sup.*, 3e série, t. XXI, XXII, XXIII, deux. Part., Chap. I, § IV).

(2) P. Duhem, *Sur l'interprétation théorique des expériences hertziennes* (*L'Éclairage électrique*, t. IV, 1895, p. 494).

(3) L. Roy, *De la viscosité dans le mouvement des fils flexibles* (*Comptes rendus*, t. 152, p. 1228); *Recherches sur la dynamique du fil flexible* (*Ann. É. N. sup.*, 3e série, t. XXIX, p. 417).

Fourier; si nous posons

$$\lambda = \frac{\Lambda}{2a^2}, \qquad \tau = \frac{t}{\lambda}, \qquad \vartheta = \tau + \frac{\eta}{4a^2\lambda^2}, \qquad \vartheta' = \tau + \frac{\eta'}{4a^2\lambda^2},$$

puis

$$(3)\quad \begin{cases} \lambda\mathfrak{F}(y,\tau) = \displaystyle\int_0^\infty e^{-\vartheta\alpha^2}\left(\alpha\frac{\operatorname{sh}\alpha\tau\sqrt{\alpha^2-1}}{\sqrt{\alpha^2-1}} + \operatorname{ch}\alpha\tau\sqrt{\alpha^2-1}\right)\cos\alpha y\,d\alpha, \\ \mathcal{G}(y,\tau) = \displaystyle\int_0^\infty e^{-\vartheta'\alpha^2}\frac{\operatorname{sh}\alpha\tau\sqrt{\alpha^2-1}}{\alpha\sqrt{\alpha^2-1}}\cos\alpha y\,d\alpha, \end{cases}$$

on trouve pour l'intégrale cherchée

$$(4)\qquad \varphi(x,t) = \frac{1}{a\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\left[f(\xi)\,\mathfrak{F}\left(\frac{x-\xi}{a\lambda},\frac{t}{\lambda}\right) + g(\xi)\,\mathcal{G}\left(\frac{x-\xi}{a\lambda},\frac{t}{\lambda}\right)\right]d\xi.$$

Les fonctions $\mathfrak{F}$ et $\mathcal{G}$ peuvent être obtenues sous forme de développements en séries absolument et uniformément convergents pour $\eta > 0$, $\eta' \geqq 0$, $t > 0$ et y quelconque; en introduisant ceux-ci dans l'expression (4) de l'intégrale et en posant

$$\mathrm{I}_n(\theta,\zeta) = \frac{\partial^{3n}}{\partial\theta^n\,\partial\zeta^{2n}}\left(\frac{e^{\theta-\frac{\zeta^2}{4a^2\lambda^2\theta}}}{\sqrt{\theta}}\right),$$

on obtient

$$\varphi(x,t) = \frac{e^{-\theta}}{2\sqrt{\pi}}\sum_{n=0}^{\infty}\frac{(at)^{2n}}{2n!}\int_{-\infty}^{\infty}\left\{f(\xi)\left[-\frac{at}{2n+1}\frac{\partial^2\mathrm{I}_n(\theta,x-\xi)}{\partial x^2} + \frac{\mathrm{I}_n(\theta,x-\xi)}{a\lambda}\right] + g(\xi)\frac{t}{2n+1}\frac{\mathrm{I}_n(\vartheta,x-\xi)}{a\lambda}\right\}d\xi.$$

Si l'on remplace la fonction $\mathrm{I}_n(\theta,\zeta)$ par son expression algébrique et si l'on pose

$$\mathrm{A}_{p,q}^n = \left(-\frac{1}{4}\right)^p\frac{n!\,2q!}{(2n+1)!\,(q-n-1)!\,(2n-q+1)!\,p!\,(2q-2p)!},$$

$$\mathrm{B}_{p,q}^n = \left(-\frac{1}{4}\right)^p\frac{n!\,2q!}{2n!\,(q-n)!\,(2n-q)!\,p!\,(2q-2p)!},$$

il vient encore

$$\varphi(x,t) = -\frac{1}{\sqrt{\pi}}\sum_{n=0}^{\infty}\sum_{q=n+1}^{2n+1}\sum_{p=0}^{q}\mathrm{A}_{p,q}^n\left(\frac{t}{\lambda}\right)^{2n+1}\theta^{-q}\int_{-\infty}^{\infty}f(x+2a\lambda\sqrt{\vartheta}\alpha)\,e^{-\alpha^2}\alpha^{2(q-p)}\,d\alpha$$
$$+\frac{1}{\sqrt{\pi}}\sum_{n=0}^{\infty}\sum_{q=n}^{2n}\sum_{p=0}^{q}\mathrm{B}_{p,q}^n\left(\frac{t}{\lambda}\right)^{2n}\theta^{-q}\int_{-\infty}^{\infty}\left[f(x+2a\lambda\sqrt{\vartheta}\alpha) + \frac{t}{2n+1}g(x+2a\lambda\sqrt{\vartheta}\alpha)\right]e^{-\alpha^2}\alpha^{2\,q-p}\,d\alpha.$$

Quand t augmente indéfiniment, on reconnaît que la fonction $\mathcal{F}$ tend vers zéro et la fonction $\mathcal{G}$ vers $\frac{\pi}{2}$, de sorte que l'égalité (4) nous donne

$$\lim_{t=\infty} \varphi(x, t) = \frac{1}{2a} \int_{-\infty}^{\infty} g(\xi)\, d\xi.$$

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la théorie électronique de la gravitation.* Note de M. **L. Décombe**, présentée par M. P. Appell.

Dans une récente Communication [1] j'ai établi les formules générales relatives à l'action mutuelle de deux spectrons éloignés, la force centrale qui sollicite les électrons et la forme (fermée) de l'orbite étant supposées quelconques. Cette action n'est différente de zéro qu'autant qu'on suppose finie, du moins à l'intérieur du spectron, la célérité V des actions électrodynamiques.

Considérant ensuite le cas où les orbites sont circulaires, nous avons obtenu, moyennant une hypothèse universelle touchant la constitution du spectron, une loi d'action identifiable avec celle de la gravitation. Le cas plus particulier où la force centrale est proportionnelle à la distance nous a enfin conduits, moyennant une hypothèse auxiliaire (VT = const.), à cette conclusion remarquable que l'énergie et le moment magnétique du spectron sont alors des multiples entiers respectifs d'un quantum élémentaire d'énergie semblable à celui de la théorie du rayonnement noir (c'est-à-dire proportionnel à la fréquence) et d'un moment magnétique élémentaire universel.

J'ajouterai aujourd'hui les remarques suivantes :

I. La forme circulaire de l'orbite n'est pas la seule qui permette de retrouver la loi de Newton. Si, supposant, par exemple, la force centrale proportionnelle à la distance, on considère des orbites elliptiques, l'action moyenne de deux spectrons éloignés conserve la même forme, à la condition de supposer que la quantité $\frac{1}{2V} \frac{e}{m} \frac{\pi^2(a^2+b^2)}{T^2} = \sqrt{\varphi}$ (où a et b désignent les demi-axes de l'ellipse) soit une constante universelle. La condition auxiliaire VT = const. fait alors apparaître un quantum d'énergie proportionnel à la fréquence, mais pas de moment magnétique universel.

(1) *Comptes rendus*, 25 mars 1913.

Inversement, l'orbite étant supposée circulaire, la loi de proportionnalité n'est pas la seule qui permette de retrouver un quantum de la forme $\frac{h}{T}$ et un moment magnétique élémentaire universel. Toute force attirante de la forme Ar^n jouit de la même propriété (¹).

II. Notre démonstration exige que la célérité V des actions électrodynamiques à l'intérieur du spectron (c'est-à-dire dans le milieu particulier représenté par la distribution cubique d'électricité positive) soit finie (²).

D'une manière générale, il importe de remarquer que nous ne savons rien du mécanisme de la propagation des actions électrodynamiques et qu'en particulier, elle ne saurait être identifiée, *a priori*, avec celle de l'onde électromagnétique dans le même milieu. Pour s'en convaincre, il suffit de considérer le cas de deux électrons animés chacun d'un mouvement rectiligne uniforme; il y a évidemment production d'action électrodynamique, *mais non pas d'onde électromagnétique*. Nous ne sommes donc pas tenus d'identifier la célérité des deux phénomènes.

Quelle que soit, du reste, l'hypothèse qu'on fasse au sujet de la grandeur V, *la relation*

$$\frac{1}{V}\frac{e}{m}\frac{\pi^2 a^2}{T^2} = \sqrt{\varphi} \tag{1}$$

exprime la condition nécessaire et suffisante pour que l'action mutuelle moyenne de deux spectrons circulaires suffisamment éloignés puisse être identifiée avec la gravitation universelle. Cette identification doit donc être considérée comme indépendante de toute spéculation concernant la propagation des actions électrodynamiques.

Si l'on regardait V comme une constante universelle, la relation (1) exprimerait que l'énergie d'un spectron est un multiple entier d'un *quantum* élémentaire, *lui-même constante universelle*, non identifiable, par conséquent, avec celui du rayonnement noir. Son moment magnétique serait inversement proportionnel à la fréquence.

Si, au lieu de cela, on pose $VT = K$, K désignant une constante universelle, on obtient, comme on l'a vu, un *quantum* d'énergie proportionnel à la fréquence et un moment magnétique élémentaire universel.

(¹) Rappelons toutefois que le quantum du rayonnement noir se rapporte au cas d'une force proportionnelle à la distance. Ce cas, qui paraît être celui de la réalité, est d'ailleurs le seul pour lequel le mouvement circulaire puisse être considéré comme absolument stable (voir P. Appell, *Mécanique rationnelle*, t. II, p. 350).

(²) On pourrait également supposer finie la célérité des actions électrostatiques et des actions galvanostatiques. Le résultat ne serait pas modifié.

De la recherche préliminaire à laquelle je me suis livré à cet égard paraît résulter la possibilité de concevoir, pour l'action électrodynamique, un mécanisme de propagation permettant de rendre compte assez simplement de la relation $VT = K$. Je désire cependant soumettre cette question à une étude plus approfondie.

III. Dans un autre travail [1], j'ai été conduit à considérer le mouvement orbital des électrons comme pouvant être affecté par un mouvement irrégulier d'agitation de faible amplitude. Cette circonstance ne modifie en rien nos résultats touchant l'action mutuelle de deux spectrons. En particulier, la relation (1) et l'expression du moment magnétique subsistent inaltérées. Quant à l'énergie, elle se trouve évidemment augmentée.

Pour que la relation (1) continue à déterminer l'existence d'un *quantum* proportionnel à la fréquence, il faut que l'énergie du mouvement d'agitation soit un multiple (quelconque, entier ou non) de celle du mouvement orbital.

Ce sera évidemment le cas, si l'on admet que l'énergie s'équipartage entre les cinq degrés de liberté que possède alors chaque électron (*deux* degrés pour le mouvement orbital et *trois* pour celui d'agitation). Si l'on met alors sous la forme $n\frac{h}{T}$ l'énergie totale d'un spectron circulaire dont le moment magnétique est représenté par $n\mu$, on trouve $\frac{h}{\mu} = 10\pi\frac{m}{e} = 17,8.10^{-7}$ (unités électromagnétiques), tandis que le rapport de la constante h de Planck à celle μ du magnéton de P. Weiss a une valeur environ deux fois plus grande ($36,1 \times 10^{-7}$).

Ces deux valeurs se confondent toutefois sensiblement si, aux cinq degrés de liberté précédents on adjoint les cinq degrés supplémentaires qui peuvent résulter d'un mouvement irrégulier de l'orbite autour d'une position d'équilibre (savoir *deux* degrés pour la rotation du plan orbital et *trois* pour l'agitation du centre) étant toujours supposé que l'énergie s'équipartage entre les divers degrés de liberté.

V. Quoi qu'il en soit de ces considérations, le spectron ne semble pas pouvoir être identifié avec le magnéton. Tandis qu'un atome de nickel, par exemple, ne renferme, d'après M. P. Weiss, que trois magnétons, il paraît devoir contenir un nombre de spectrons beaucoup plus élevé, au moins égal à celui des périodes internes de l'atome.

De ce qui précède il semble donc seulement permis de conclure ceci : c'est que le constituant universel de l'atome auquel nous avons donné le

---

(1) *Journal de Physique*, février 1913.

nom de *spectron* paraît devoir être considéré comme une sorte d'élément dynamique primordial jouant un rôle fondamental dans les phénomènes de rayonnement et de gravitation. Son ordre de grandeur probable, inférieur à celui du magnéton, le rapproche plutôt de l'aimant universel, au moyen duquel Ritz a cherché à expliquer les raies spectrales.

HYDRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la marche des tourbillons alternés derrière un obstacle.* Note de M. **Henri Bénard**, présentée par M. Appell.

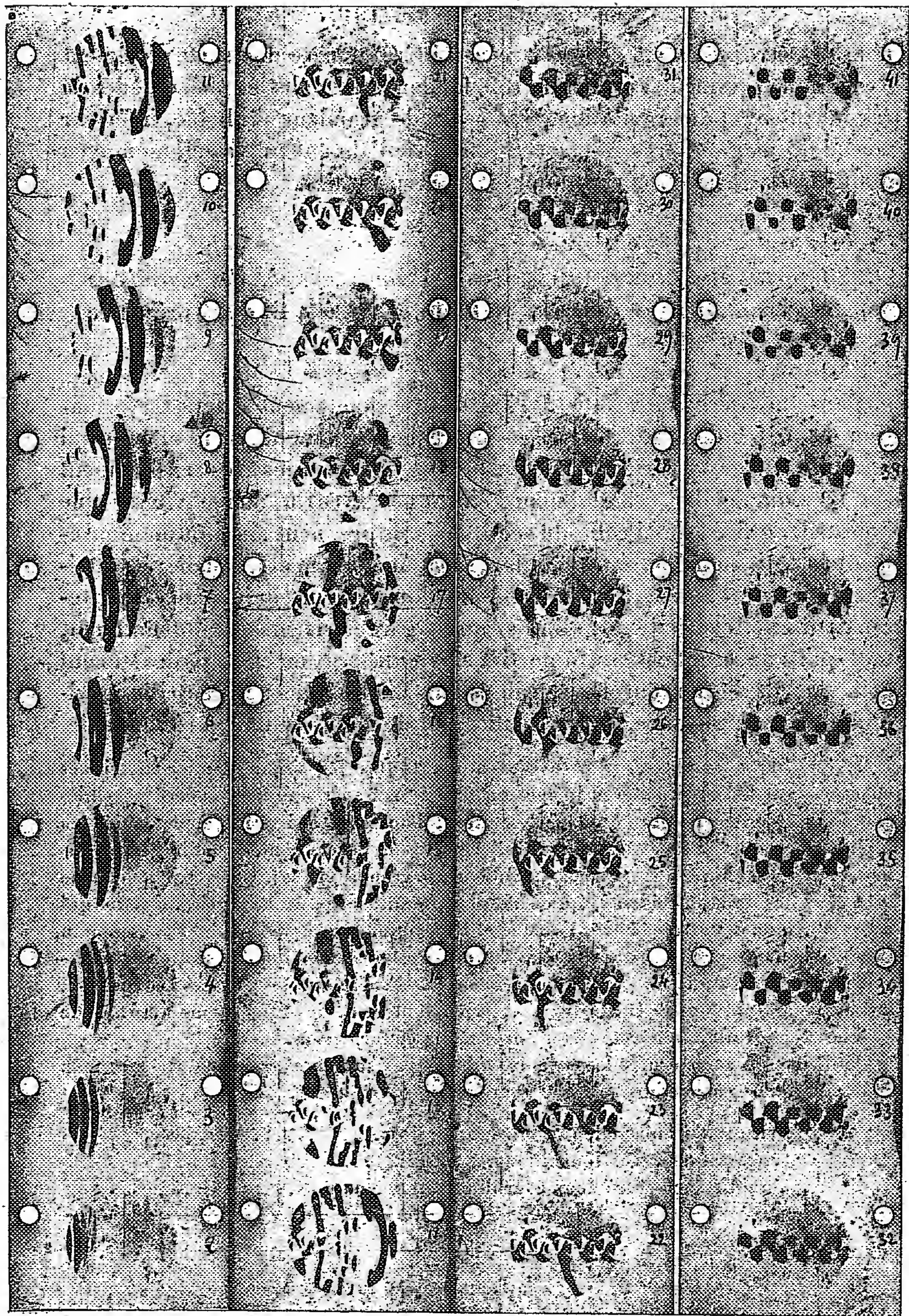
Dans une précédente Note [1], j'ai localisé exactement la zone de formation des tourbillons alternés : c'est la brèche médiane du seuil abrupt qui limite le sillage à l'arrière. Les tourbillons, formés tous très sensiblement sur le plan médian, sont d'abord entraînés avec la même vitesse que l'obstacle, qui est aussi celle du seuil, mais ils prennent aussitôt un mouvement ralenti, en même temps qu'ils s'écartent à droite et à gauche; ils atteignent très vite leur écartement transversal limite, leur équidistance longitudinale limite, et leur vitesse limite, qu'ils garderont ensuite indéfiniment, tant qu'ils ne seront pas trop amortis : en vieillissant, en effet, ils deviennent évidemment de plus en plus sensibles aux fluctuations accidentelles inévitables et l'équidistance, en particulier, est de moins en moins bien définie.

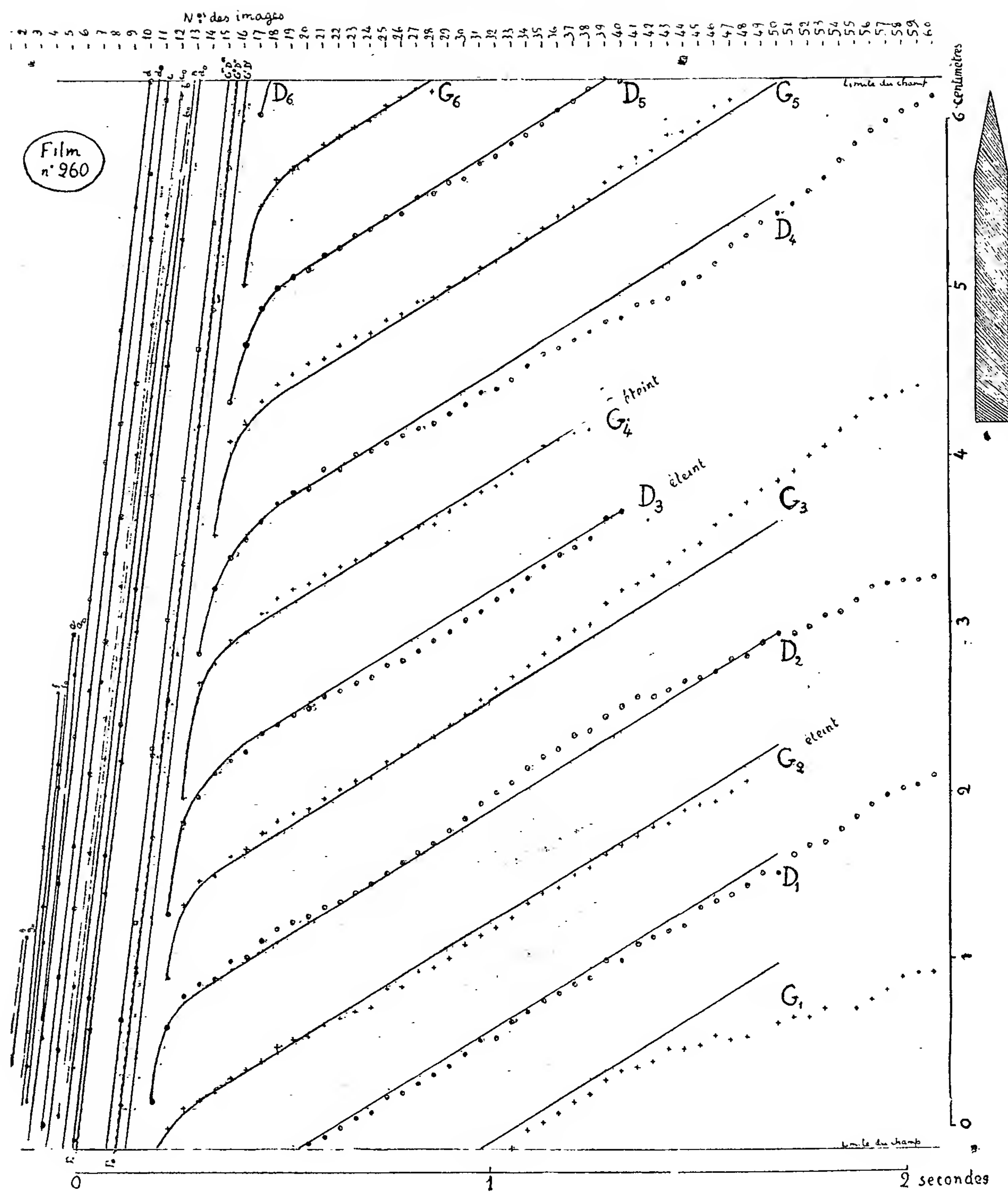
Le graphique condense, à titre d'exemple, toutes les mesures micrométriques effectuées sur les 60 premières images du film n° 260; les mesures, encore possibles sur un plus grand nombre d'images, seraient, d'après ce qui précède, de moins en moins précises; d'ailleurs les images du segment de cercle sont de moins en moins nettes. Les graphiques rectilignes, parallèles, à grande vitesse, de la partie gauche sont ceux des divers accidents, qu'on ne peut détailler ici, de la partie du relief qui est symétrique et entraînée avec l'obstacle. P_0 (confondu avec $G''D''$) et P_r (confondu avec a_0) sont ceux de la poupe et de la proue de l'obstacle (dont la section est dessinée sur le bord droit du graphique, à la même échelle que les espaces parcourus). Les autres graphiques G_1D_1, G_2D_2, ..., G_6D_6 sont ceux des tourbillons alternés de gauche et de droite, numérotés dans l'ordre de leur formation.

On déduit de ces mesures les valeurs numériques suivantes, relatives au film 260. Même liquide, même obstacle que pour les films 259 et 261.

V, vitesse de l'obstacle (au chronographe)............	21,48
v, vitesse limite des tourbillons......................	1,53
e, équidistance entre deux tourbillons de même sens....	$1^{cm},309$

[1] 31 mars 1913.




Film n° 260
N^os des images
D6
G6
D5
G5
D4
G4
éteint
D3
éteint
G3
D2
G2
éteint
D1
G1
limite du champ
6 centimètres
5
4
3
2
1
0
0
1
2 secondes

d'où, pour la période,

$$T = \frac{e}{V - v} = 0^s{,}0656 = \frac{1^s}{15{,}24}.$$

Il y a donc 15,24 tourbillons de chaque sens produits par seconde; d'ailleurs il y a 26,6 images du cinéma par seconde.

On voit facilement, par exemple, qu'à l'époque de la 60e image, D_{31} est en formation, la proue étant à $38^{cm},1$ en dehors du champ : il existe alors sur chaque file 30 tourbillons plus récents que D_1 et G_1.

J'espère, en coordonnant les mesures prises sur plus de 200 films différents, préciser encore les lois expérimentales auxquelles satisfont e et v.

PHYSIQUE. — *Sur une nouvelle espèce de tourbillons cellulaires.* Note (1) de M. C. **Dauzère**, présentée par M. H. Deslandres.

Dans son remarquable travail sur les tourbillons cellulaires, H. Bénard a indiqué deux dispositifs pour l'étude des courants de convection dans une nappe liquide horizontale indéfinie : le premier consisterait à placer la nappe entre deux plaques métalliques portées à des températures différentes; l'observation serait alors très difficile; le deuxième, adopté par M. Bénard, consiste à laisser la surface libre en contact avec l'atmosphère ambiante.

Un cas intermédiaire est réalisé dans les expériences sur les tourbillons isolés qui ont fait l'objet de ma dernière Note (2). La formation de ces tourbillons s'explique par l'existence d'une pellicule extrêmement mince recouvrant les régions privées de cellules (photographie IV). Le mode de division qui s'établit dans la nappe ainsi recouverte acquiert une netteté remarquable, quand on s'adresse à l'acide stéarique impur tel qu'on le trouve dans les bougies du commerce colorées en rose ou en bleu. La pellicule superficielle est formée par des grains très fins de la matière colorante; elle recouvre toute la surface, de telle sorte que les tourbillons isolés ne se produisent plus. La convection calorifique donne naissance au-dessous de la membrane à des tourbillons allongés analogues aux *coupures* observées par M. Bénard. Le relief de la surface libre qui en résulte est formé de sillons longitudinaux comprenant des crêtes et des vallées parallèles et équidis-

(1) Présentée dans la séance du 7 avril 1913.
(2) *Comptes rendus*, 20 janvier 1913.

tantes, avec amorce en certains points de divisions transversales qui parfois s'achèvent et se régularisent en donnant un réseau cellulaire hexagonal;

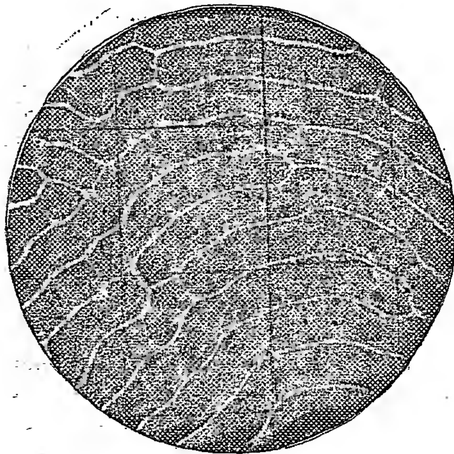


Fig. 1.

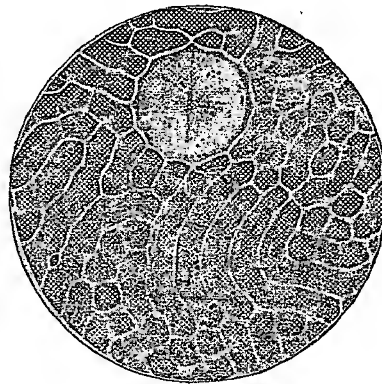


Fig. 2.

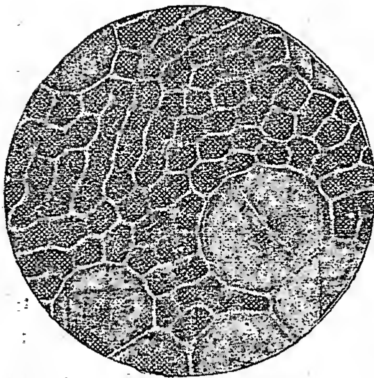


Fig. 3.

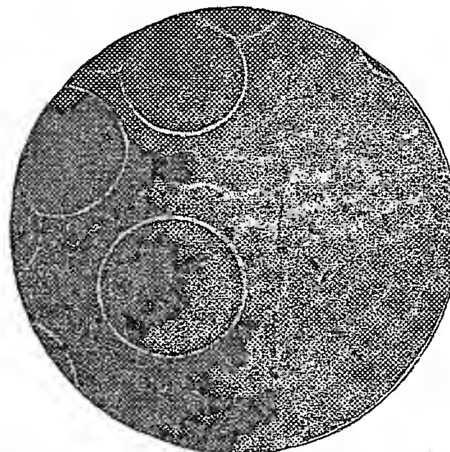


Fig. 4.

Fig. 1. — $\frac{8}{10}$ *grandeur naturelle.* Acide stéarique impur coloré en bleu des bougies de fantaisie. Épaisseur $1^{mm},44$. Température 90°. Tourbillons allongés donnant des coupures parallèles dans toute la nappe recouverte d'une pellicule.

Fig. 2 et 3. — $\frac{2}{3}$ *grandeur naturelle.* Même matière mélangée avec $\frac{1}{10}$ de son poids de cire. Épaisseur 1^{mm}. Tourbillons isolés circulaires, dus à la convection à l'air libre, entourés de coupures et cellules plus petites. Températures : 118° dans *fig.* 2; 111° dans *fig.* 3.

Fig. 4. — *Grandeur naturelle.* Même nappe à la température de 102°. Les tourbillons isolés subsistet seuls.

mais celui-ci reste le plus souvent à l'état d'ébauche. L'existence de ce relief a pour conséquence la formation de *lignes focales* nettes et brillantes quand

on observe en lumière réfractée; les lignes focales, images des lignes de faîte de la surface, sont représentées dans la photographie I.

La division que nous venons de décrire est très irrégulière et à peine visible à une température voisine du point de fusion. Si l'on élève progressivement la température, la régularisation se produit et les lignes focales apparaissent avec une netteté remarquable à une température d'autant plus basse que l'épaisseur est plus grande. Si on laisse refroidir, les mêmes changements se reproduisent en sens inverse : la surface devient plane et les lignes focales disparaissent à la température où elles apparaissent pendant l'échauffement. Avec les grandes épaisseurs, la division en coupures persiste jusqu'à la température de solidification; celle-ci commence à la surface libre sur les lignes de faîte, et les cristaux d'acide stéarique formés le long de ces lignes produisent des chapelets très curieux visibles dans la plaque après solidification complète.

Les mesures des dimensions transversales ont fourni les résultats suivants :

1° Lorsque la température croît lentement, la distance moyenne λ des coupures, dans une nappe d'épaisseur donnée e, varie peu, contrairement à ce qui a lieu dans la convection à l'air libre. Le relief de la surface libre s'exagère au contraire considérablement, de telle sorte que la mise au point faite sur les lignes focales doit être modifiée à mesure que la température s'élève.

2° Pour la même épaisseur, les cellules sont plus petites que dans la convection à l'air libre. Si l'on calcule les valeurs du rapport $\frac{e}{\lambda}$, on voit que ce rapport a des valeurs comprises entre 0,5 et 1, tandis qu'il ne dépasse guère 0,3 dans la convection à l'air libre.

On réalise à la fois dans la même nappe les deux espèces de tourbillons, en mélangeant à la bougie rose $\frac{1}{10}$ de son poids de cire. Dans une nappe liquide de ce mélange, la pellicule superficielle se forme comme il a été dit ci-dessus, ainsi que la division en coupures parallèles avec ébauche du réseau cellulaire hexagonal. Mais la pellicule est moins cohérente, il suffit de souffler à la surface pour la crever, et quand on l'a rompue, elle met un temps très long à se reformer. Dans les plages ainsi découvertes se produisent des tourbillons isolés dus à la convection à l'air libre : leur diamètre est environ quatre fois plus grand que celui des petites cellules précédentes; ils persistent par refroidissement bien au-dessous de la température de disparition du réseau des petites cellules ou coupures (photographies II, III, IV).

Remarques sur la Communication précédente (de M. Dauzère) (¹),
par M. **Deslandres**.

Déjà, en présentant l'année dernière (le 15 avril 1912) une Note de M. Dauzère sur les tourbillons cellulaires isolés, j'ai ajouté quelques remarques, et j'ai fait ressortir le très grand intérêt de ces recherches et des recherches antérieures de M. Bénard, pour la Météorologie terrestre et même solaire. Ces résultats de la Note actuelle confirment plus nettement encore cette première conclusion.

M. Dauzère étudie aujourd'hui un cas nouveau bien défini, celui où le liquide, chauffé par le bas, offre à sa surface une pellicule superficielle de particules solides, et il reconnaît deux dispositions nouvelles des courants de convection, qui semblent attachées à la présence de ces particules. Or les tourbillons analogues de notre atmosphère, constitués, comme on sait, par la réunion d'un cyclone et d'un anticyclone, rencontrent souvent dans le sens de la hauteur des couches de particules d'eau liquides et solides, et l'on peut prévoir que ces particules exercent une influence notable sur le mouvement tourbillonnaire.

PHOTOMÉTRIE. — *Nitomètre, ou appareil pour la mesure rapide de la brillance* (²) *d'une surface lumineuse.* Note de M. **A. Blondel**, présentée par M. J. Violle.

1. L'appareil représenté par les figures 1 et 3 consiste, sous sa forme la plus simple, en une chambre noire métallique, qui permet d'observer à l'œil nu sur un écran d'observation E, une image de la source lumineuse étudiée, à une échelle d'agrandissement ou de réduction qui dépend de l'objectif employé, et qui est en général voisine de l'unité. Les rayons traversent un diaphragme à œil-de-chat rectangulaire à vis micrométrique,

---

(¹) Présentée dans la séance du 7 avril 1913.

(²) Le terme *intensité surfacique* a été proposé par M. J. Blondin pour désigner ce qu'on appelait autrefois *éclat intrinsèque*, terme reconnu aujourd'hui impropre à cause des acceptions trop nombreuses qu'a reçues le mot *éclat*. J'emploie pour abréger le mot *brillance* qui traduit l'anglais *brightness* et qui se déduit régulièrement de l'adjectif *brillant*.

du type que j'ai décrit antérieurement ([1]). Le diamètre de l'objectif est choisi assez grand et son tirage assez limité pour que les rayons lumineux,

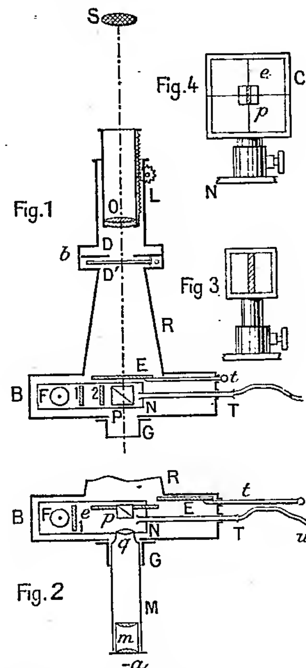


Fig. 1. — *Coupe horizontale schématique de l'appareil pour comparaison directe :* S, source de lumière; L, lunette à tirage variable; O, objectif achromatique mobile; *b*, boîte contenant le diaphragme fixe D et le double volet D' limitant une fente horizontale variable; R, raccord garni de velours noir; B, boîte à devant mobile autour d'une charnière horizontale; E, écran en papier ou verre émaillé recevant l'image de la source; P, prisme double à bande argentée; *t*, tirette de l'écran E; F, lampe à incandescence cylindrique à filament rectiligne vertical; 1, verre fumé éventuel; 2, verre émaillé; T, tirette de la plate-forme mobile N; *w*, fils souples amenant le courant électrique et passant dans la tirette; G, douille supportant un tube de visée ou une lunette (non représentée).

Fig. 2. — *Boîte* B *de l'appareil pour comparaison par microscope* : *e*, écran mobile en verre dépoli avec fenêtre centrale; *p*, prisme double à bande argentée, enchâssé dans la fenêtre; M, microscope comprenant un objectif *q* et un oculaire *m*; *a*, anneau oculaire du microscope.

Fig. 3. — Détail du premier prisme, en élévation agrandie.

Fig. 4. — Détail, en élévation agrandie, de l'écran *e*, avec réticule et petit prisme *p* enchâssé au centre.

convergeant au centre de l'image qu'on observe, couvrent toujours plus que l'ouverture du diagramme; il en résulte que, indépendamment de la posi-

([1]) A propos de la description du photomètre universel de Blondel et Broca dans les *Comptes rendus du Congrès de Carthage* (1896) *de l'Association française pour l'avancement des Sciences.*

tion de l'objectif, l'éclairement E de l'image est proportionnel à la brillance de la source i, suivant la formule $E = \frac{kiS}{r^2}$, en appelant k le coefficient de transmission, S la surface ouverte de l'œil-de-chat, r sa distance à l'écran. Pour que l'obliquité des rayons incidents provenant de l'œil-de-chat n'entraîne aucune erreur, l'écran E n'est pas en verre dépoli (dont l'indicatrice polaire de diffusion est en forme d'ellipse très aplatie), mais en papier ou en verre émaillé (dont l'indicatrice se rapproche beaucoup d'un cercle).

Un double prisme Lummer-Brodhun, placé devant l'image, contient, sur l'axe de visée, une bande argentée verticale à 45°, qui réfléchit la surface lumineuse de comparaison, formée par un second écran diffusant 2, éclairé par une lampe à incandescence spéciale (filament vertical dans une ampoule cylindrique). L'étalonnement de l'œil-de-chat est fait en visant une surface d'éclairement uniforme préalablement déterminé.

2. L'appareil peut être transformé en micronitomètre (voir *fig.* 2 et 4) par l'emploi d'un microscope au lieu d'un tube de visée, suivant le principe du microphotomètre de Cornu (¹), déjà perfectionné par M. H. Le Chatelier dans son pyromètre (²).

L'écran E et le prisme P des figures 1 et 2 sont remplacés par un verre dépoli e, portant dans une fenêtre centrale un petit prisme double p de 5^{mm} de côté, dont la bande argentée verticale intérieure renvoie sur l'objectif du microscope les rayons du filament incandescent F; on amène dans le plan de l'axe de la bande l'image aérienne de la source et on les compare par le microscope. En rabattant le fond de la chambre noire autour d'une charnière horizontale, on peut voir auparavant sur l'écran à réticule quelle est la partie de l'image qui sera dans le champ du microscope.

3. Pour mesurer la brillance d'une source très intense, on la compare directement à celle du filament de la lampe à incandescence F, en déplaçant à droite la plate-forme N de façon à substituer ce filament à la bande argentée du prisme; on protège alors l'œil de l'observateur par des verres absorbants ajoutés devant l'oculaire ou dans le microscope, dont on peut du reste augmenter en ce moment le grossissement. En remplaçant la lampe spéciale F par une lampe à incandescence quelconque, et la source à étudier par un filament Nernst, dont la brillance a été préalablement tarée, on

(¹) A. Cornu, *Études photométriques* (*Journal de Physique*, t. X, 1881).

(²) H. Le Chatelier, *Comptes rendus*, février 1892 et *Journal de Physique*, 3ᵉ série, t. I, mai 1892.

peut déterminer directement les brillances des filaments de toutes les lampes à incandescence.

Si l'on appelle r, r' les distances respectives de la bande argentée (ou du filament qui le remplace dans la méthode 3) à l'œil-de-chat et à l'objectif du microscope, l la distance de la bande argentée au filament de F, D le diamètre de l'objectif du microscope, d le diamètre du filament incandescent, k, k', k'' les coefficients de transmission respectifs de l'objectif O, de la bande d'argenture et du cube de verre, C le coefficient de clarté du microscope (toutes absorptions déduites et en tenant compte de la grandeur de l'anneau oculaire), B la brillance de la surface étudiée S, b la brillance du filament de F; on a, en égalisant par l'œil-de-chat, la relation entre les brillances apparentes

$$C k' k'' \frac{4S}{\pi D^2}\left(\frac{r'}{r}\right)^2 B = C k' k'' \frac{4d}{\pi D}\left(\frac{r'}{l}\right) b \qquad \text{ou} \qquad = Cb,$$

suivant qu'on opère par la méthode du paragraphe 2, ou par la méthode du paragraphe 3 ci-dessus. D'où l'on déduit B ou b en fonction de S.

Les précautions à prendre pour légitimer l'emploi du microscope sont d'ailleurs celles qui ont été indiquées respectivement par A. Cornu (*loc. cit.*) et par moi-même [1].

ACOUSTIQUE. — *Sur les vibrations transversales des cordes.* Note de M. G. **Sizes**, présentée par M. J. Violle.

Dans les expériences que M. Massol et moi avons effectuées sur les vibrations multiples des corps vibrants (*Comptes rendus*, 1907 à 1910, *passim*), nous avons étudié un certain nombre de cordes et particulièrement la plus longue corde d'un piano à queue, corde filée de $1^{m},96$, donnant le *la*$_{-1}$ de 27^{vd}. Les grandes oscillations de cette corde, pincée de toutes façons, nous ont permis d'enregistrer des courbes semblables à celles que nous avions obtenues des diapasons.

Sur ces courbes, j'ai relevé 16 harmoniques inférieurs et 7 supérieurs. Le plus grave est *la*$_{-5}$ de $1^{vd},6875$; mais ce n'est pas le son fondamental de l'échelle. Le rapport $\frac{7}{4}$, qu'il présente avec *sol*$_{-4}$ de $2^{vd},95$ en fonction de 7e harmonique, assigne comme son fondamental *la*$_{-7}$ de $0^{vd},422$, en rapport de $\frac{7}{1}$ avec *sol*$_{-4}$; *la*$_{-5}$ se classe ainsi comme 4e harmonique et le son prédominant comme 64e.

(1) A. Blondel, *Sur un photomètre-luxmètre portatif* (*Congrès de l'Association française, Reims*, 1907).

Le Tableau suivant renferme : 1° les sons observés, 2° leurs nombres de vibrations ; 3° l'ordre des harmoniques rapportés à la fondamentale ([1]).

Harmoniques inférieurs.

la_{-7}	la_{-5}	$ut^{\sharp}_{-4}$	mi_{-4}	$\underline{sol}_{-4}$	la_{-4}	$ut^{\sharp}_{-3}$	mi_{-3}	$\underline{sol}_{-3}$
$0^{v},422$	$1^{v},6875$	$2^{v},11$	$2^{v},53$	$2^{v},95$	$3^{v},375$	$4^{v},22$	$5^{v},06$	$5^{v},9$
1	4	5	6	7	8	10	12	14

la_{-3}	$\underline{si}_{-3}$	$ut^{\sharp}_{-2}$	$sol^{\sharp}_{-2}$	la_{-2}	$ut^{\sharp}_{-1}$	mi_{-1}	$sol^{\sharp}_{-1}$	la_{-1}
$6^{v},75$	$7^{v},6$	$8^{v},44$	$12^{v}\frac{2}{3}$	$13^{v},5$	$16^{v},88$	$20^{v},25$	$25^{v}\frac{1}{3}$	27^{v}
16	18	20	30	32	40	48	60	64

Harmoniques supérieurs.

mi_{0}	la_{0}	$ut^{\sharp}_{1}$	mi_{1}	la_{1}	la_{2}	si_{2}
$40^{v},5$	54^{v}	$67^{v},5$	81^{v}	108^{v}	216^{v}	242^{v}
96	128	160	192	256	512	576

Les courbes qui permettent de relever les harmoniques ultra-graves de l'échelle ([2]) rappellent tout à fait les courbes complexes que nous avons obtenues avec les diapasons (voir nos Notes des 27 juin et 8 août 1910). Elles montrent, avec tous leurs caractères, les *vibrations tournantes* des cordes, si bien décrites par A. Cornu, dans son Mémoire publié au *Journal de Physique* en 1896.

Bien que nos expériences aient eu principalement pour but de rechercher les sons inférieurs provenant des grandes oscillations, elles ont manifesté sept sons supérieurs au son prédominant la_{-1}, par rapport auquel ils présentent les rapports indiqués ci-dessous :

la_{-1}	mi_{0}	la_{0}	$ut^{\sharp}_{1}$	mi_{1}	la_{1}	la_{2}	si_{2}
1	$\frac{3}{2}$	2	$\frac{5}{2}$	3	4	8	9

([1]) Le trait placé sous le nom d'un son signifie qu'il est en fonction de 7e harmonique, ou l'une de ses octaves. L'absence du 9e harmonique (si_{-4}) de l'échelle inférieure n'est certainement due qu'à un hasard d'expérience, puisque deux de ses octaves supérieures ($\underline{si}_{-3}$ et si_{2}) se sont inscrites. Il en est de même de $\underline{sol}_{1}$ en fonction de 7e harmonique de l'échelle supérieure, dont deux des octaves inférieures ($\underline{sol}_{-3}$ et $\underline{sol}_{-4}$) figurent au Tableau. Ces harmoniques s'entendent à l'oreille dans l'échelle supérieure, lorsqu'on fait vibrer la corde au moyen du clavier sur un piano de bonne facture.

([2]) Laissant de côté les cordes en boyau dont les oscillations s'éteignent rapidement, on peut obtenir avec une grosse corde en acier, pincée convenablement, des courbes s'inscrivant pendant une durée de 10 à 25 secondes avant de se réduire au son simple.

Les deux sons les plus caractéristiques de cette série, mi_0 et $ut_1^{\sharp}$, constituant l'accord parfait de la_{-1}, ne sont pas des multiples parfaits de cette note et ne peuvent s'exprimer en nombres entiers qu'à l'aide de son octave basse la_{-2} notée dans les harmoniques inférieurs.

Mais les conditions de nos expériences s'écartant beaucoup de celles de la pratique musicale, il importait de reprendre l'étude des harmoniques supérieurs sur des sons musicaux. La frappe normale des marteaux d'un piano étant établie de façon à favoriser le plus possible l'émission la plus pure du son prédominant accompagné de ses harmoniques supérieurs, j'ai opéré sur la corde filée ut_1 de 64^{vd} d'un excellent piano à queue.

Assisté de mon accordeur expérimenté, nous avons constaté à l'audition simple la série des harmoniques impairs $ut_1 = 1$, $sol_2 = 3$, $mi_3 = 5$, $si_3^{\flat} = 7$, $ré_4 = 9$. Les étouffoirs adhéraient bien aux cordes et ne permettaient aucune vibration importune. Dans ces conditions j'ai fait, avec un chronographe enregistreur Boulitte, des inscriptions sur lesquelles j'ai relevé 1 harmonique inférieur et 12 supérieurs. En voici le classement et les rapports à $ut_1 = 1$. Les nombres placés au-dessus des noms des sons indiquent la fonction par rapport au son le plus grave inscrit ut_0, qui est l'octave grave du son prédominant.

1	2	2,5	3	4	6	7	8	9
ut_0	[ut_1	mi_1	sol_1	ut_2	sol_2	$\underline{si_2^{\flat}}$	ut_3	$ré_3$
32^v	64^v	80^v	96^v	128^v	192^v	224^v	256^v	288^v
$\frac{1}{2}$	1]	$\frac{5}{4}$	$\frac{3}{2}$	2	3	$\frac{3,5}{1}$	4	$\frac{4,5}{1}$

10	12	14	20	24
mi_3	sol_3	$\underline{si_3^{\flat}}$	mi_4	sol_4
320^v	384^v	448^v	640^v	768^v
5	6	7	10	12

Ces résultats confirment pleinement les précédents : l'octave grave accompagne toujours le son fondamental.

En résumé, à l'exemple des différentes espèces de corps sonores étudiés précédemment, les cordes vibrent une échelle harmonique inférieure au son prédominant. Cette échelle a pour base de rapports la véritable fondamentale, ou son 1, de l'échelle générale que vibre la corde. L'échelle supérieure apparente n'est qu'une partie de l'échelle générale; à l'audition simple, dans la majorité des cas, on ne distingue que la série des harmoniques impairs de premier ordre. Le son prédominant est l'harmonique le plus favorisé dans les vibrations de tous les corps sonores.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la limite élastique des alliages*. Note [1] de M. A. **Portevin**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Parmi les diverses conventions faites dans le but d'essayer de définir expérimentalement une *limite élastique* dans les métaux et alliages, une seule conduit à une méthode permettant de s'apercevoir si cette limite élastique a été dépassée ou non *en un point* de la surface d'une éprouvette soumise à un effort; les autres, notamment celles basées sur l'examen des courbes déformation-charge, s'adressent à l'ensemble du métal qu'on suppose implicitement homogène et isotrope. Cette méthode est celle qui découle des travaux sur les déformations microscopiques des métaux, notamment ceux d'Ewing et Rosenhain, Mügge, Osmond, etc.; elle est basée sur l'apparition, sur la surface préalablement polie de l'échantillon, des slip-bands dans les grains dès que la limite élastique se trouve dépassée.

Nous avons répété, avec des alliages variés, les expériences exécutées par les divers auteurs cités sur des métaux purs.

Pour simplifier, nous ne considérerons que des alliages ayant conservé, à la température ordinaire, leur structure cristalline de solidification, c'est-à-dire n'ayant subi, postérieurement à la solidification, ni déformation intentionnelle, ni recristallisation secondaire. La déformation a toujours été opérée par compression d'éprouvettes pyramidales (méthode Fremont), de façon à pouvoir observer des surfaces dans lesquelles l'effort unitaire subi par l'ensemble varie régulièrement.

1° *Alliages formés d'une seule solution solide chimiquement homogène.* — Ces alliages sont composés de grains cristallins homogènes comme les métaux purs [2].

Dans une section donnée normale à l'effort, les slip-bands commencent à apparaître dans certains grains, puis le nombre des grains présentant ces lignes augmente jusqu'à s'étendre à tous les grains. Si l'on opère sur des éprouvettes pyramidales de façon à faire varier régulièrement l'effort rapporté à l'unité de surface dans des sections normales à la direction de l'effort, on peut déterminer une limite maximum et une limite minimum d'élasticité en cherchant les sections dans lesquelles on a les premiers grains déformés et tous les grains déformés.

---

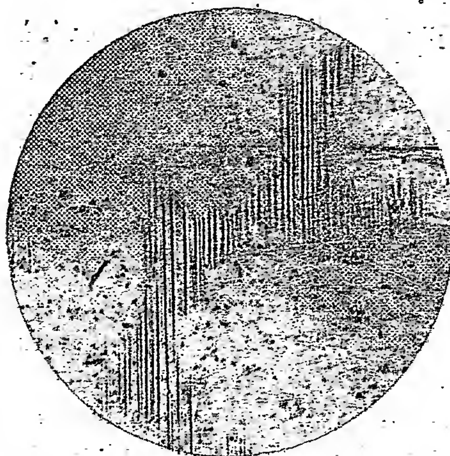
(1) Présentée dans la séance du 14 avril 1913.

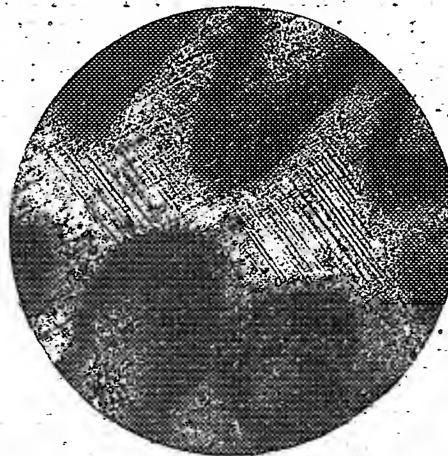
(2) Portevin, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 320.

La limite d'élasticité, quantité vectorielle dans un grain, ne devient pratiquement scalaire pour l'ensemble qu'en raison du très grand nombre de grains présentant toutes les orientations possibles, ce qui a lieu dans l'immense majorité des cas. Il n'en serait plus de même dans un complexe de grains parallèlement orientés.

2° *Alliages formés d'une seule solution solide chimiquement hétérogène.* — Dans chaque rameau cristallitique la composition chimique varie d'une façon continue du centre à la périphérie (les parties centrales étant les moins fusibles). Chaque grain se comportera vis-à-vis des déformations comme dans le cas précédent avec cette différence qu'ayant affaire à une substance chimiquement hétérogène la limite élastique du centre des cristallites ne sera pas la même que celle de la périphérie.

Dans un même grain, les slip-bands apparaîtront d'abord dans les régions à plus basse limite élastique et ne régneront pas de suite comme dans le cas précédent sur tout l'espace limité par les joints des grains. La figure 1 montre un alliage Cu-Ni


Fig. 1. — Alliage Cu-Ni déformé sans attaque × 200.


Fig. 2. — Le même après attaque (perchlorure de fer acide) × 200.

déformé : par places, apparition de slip-bands, mais non des joints des grains comme dans le cas précédent. Ces slip-bands ne sont pas terminées nettement, mais s'effilent à leurs extrémités. Une attaque au perchlorure de fer (*fig.* 2) montre que les slip-bands existent seulement dans la partie claire à plus basse limite élastique, riche en cuivre, qui occupe le centre des cristallites.

Une déformation plus accentuée fait progresser les slip-bands jusqu'à atteindre les limites du grain qui deviennent alors visibles par cette déformation. Ce qui montre

que la variation progressive de la composition chimique n'altère pas l'unité cristalline du grain (*fig.* 3, alliage à 90 pour 100 Cu, 10 pour 100 Sn).



Fig. 3. — Bronze à 5 pour 100 Sn déformé et attaqué (soude et eau oxygénée) × 35.

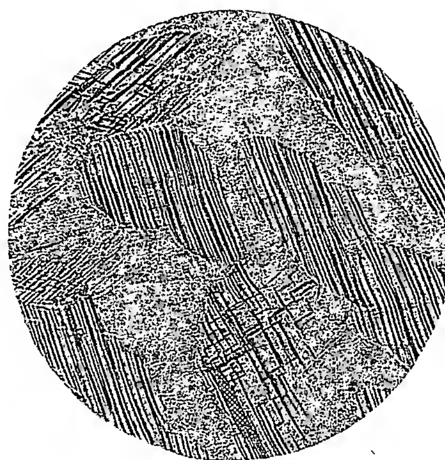


Fig. 4. — Laiton à deux constituants, déformé et non attaqué. Slip-bands dans α seul × 60.

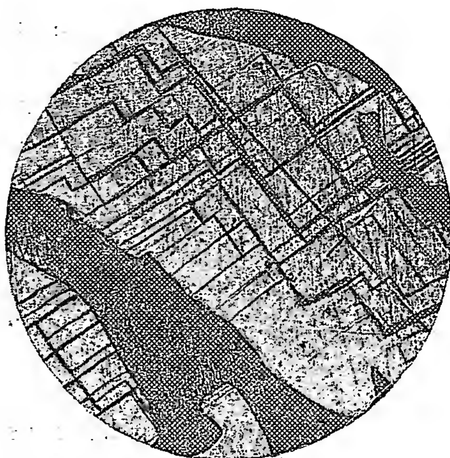


Fig. 5. — Le même après une légère attaque (perchlorure de fer acide) × 200. β coloré; deux directions de slip-bands dans α.



Fig. 6. — Laiton déformé et attaqué légèrement (perchlorure de fer acide). Limite de deux grains : α déformé seulement dans un grain (celui où β est le plus coloré.)

Toutes les remarques faites dans le cas précédent s'appliquent donc encore ici, avec cette complication que la limite élastique n'est pas atteinte simultanément en tous les points d'un même grain.

3° *Cas d'un complexe de deux phases.* — Prenons le cas d'un laiton forgeable à chaud à 57 pour 100 de cuivre, présentant deux constituants α et β [1]; le constituant α naît ici postérieurement à la solidification par séparation progressive, les grains de solidification jouant un rôle directeur dans cette séparation.

Si l'on déforme un tel ensemble, on peut observer que :

1° Le constituant α se déforme d'abord seul (*fig.* 4);

2° Dans un même grain de première consolidation, les slip-bands apparues dans α ont sensiblement la même direction. Pour une même déformation générale, α peut présenter, suivant l'orientation de ces grains, un seul système ou deux systèmes de slip-bands (*fig.* 4 et 5);

3° Dans deux grains contigus, α peut n'être déformé que dans un des grains. La micrographie (*fig.* 6), prise à la limite de deux grains après déformation et légère attaque, montre qu'on observe simultanément la variation de coloration de β et l'apparition ou la disparition des slip-bands de α.

Si l'on admet une concordance expérimentale entre la limite élastique basée sur l'apparition des slip-bands et la limite de proportionnabilité de Bauschinger, on conçoit facilement que cette limite étant, pour de multiples raisons, atteinte en des points différents de l'alliage et gagnant ensuite progressivement l'ensemble, il y a, rien que par ce fait, continuité de la courbe déformation-charge, et qu'il est illusoire de chercher à la préciser par un chiffre unique, puisqu'elle s'étend entre des limites qui dépendent à la fois de l'anisotropie mécanique des grains et de l'hétérogénéité chimique de l'alliage.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les transformations des alliages de fer et de silicium.* Note de MM. GEORGES CHARPY et ANDRÉ CORNU, présentée par M. H. Le Chatelier.

Les propriétés des alliages de fer et de silicium, et notamment les transformations qu'ils subissent sous l'influence des variations de température, présentent des particularités qui ne paraissent pas avoir été complètement élucidées par les recherches effectuées jusqu'à ce jour. Nous avons donc cru utile de reprendre l'étude de ces transformations en opérant par une méthode différente de celle des vitesses de refroidissement, exclusivement

(1) En réalité, β est un eutectoïde irrésolu et non une solution solide, mais ceci n'a pas d'importance dans le cas qui nous occupe.

utilisée jusqu'ici. Nous avons employé la méthode des dilatations, en nous servant des dispositifs antérieurement décrits par MM. Charpy et Grenet [1].

Dans une première série d'essais, effectuée sur des alliages contenant environ 0,10 de carbone, 0,30 de manganèse et de 0,20 à 4,5 pour 100 de silicium, nous avons constaté d'abord que l'addition de silicium au fer ne modifie pas d'une façon appréciable le coefficient de dilatation entre 0° et 700° environ.

L'anomalie de dilatation qui s'observe sur les fers très peu carburés entre 800° et 900° ne subit pas de déplacement notable dans l'échelle des températures, aussi bien à l'échauffement qu'au refroidissement, mais diminue graduellement d'amplitude à mesure que la teneur en silicium augmente, et disparaît complètement pour une teneur d'environ 1,30 pour 100. Pour les alliages peu carburés contenant plus de 1,30 pour 100 de silicium, on obtient donc une courbe presque rectiligne entre 0° et 900°, la courbe obtenue à l'échauffement coïncidant avec la courbe obtenue au refroidissement. On arrive ainsi au même résultat que par addition de nickel au fer, mais par un mécanisme très différent, les anomalies de dilatation s'effaçant graduellement à température fixe, avec le silicium, tandis que le nickel les fait disparaître en les déplaçant dans l'échelle des températures, sans modifier notablement leur amplitude.

Dans une deuxième série d'essais effectuée sur des alliages contenant environ 0,35 de carbone et 0,80 de manganèse, nous avons observé des faits analogues.

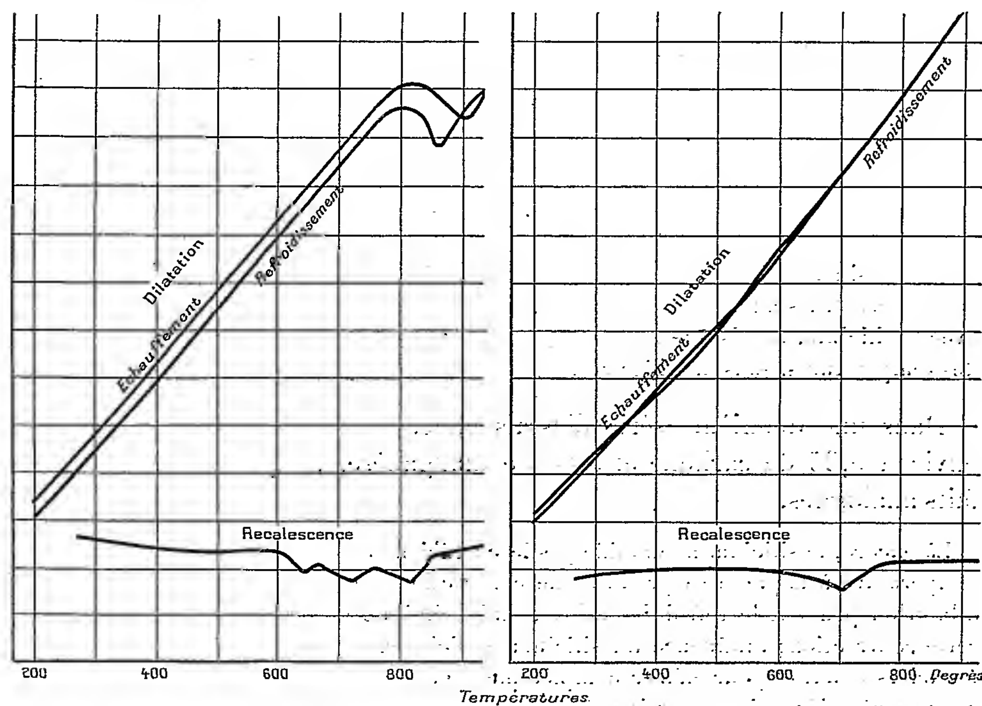
Là encore, le silicium ne modifie pas le coefficient de dilatation, et déplace peu la température à laquelle se produit une contraction pendant l'échauffement (ou une dilatation pendant le refroidissement), mais diminue graduellement l'amplitude de cette contraction; l'influence du silicium est ici beaucoup moins marquée que dans les aciers doux, et pour effacer complètement l'anomalie de dilatation et obtenir des courbes régulières, il faut arriver à des teneurs en silicium supérieures à 4,5 pour 100.

Ces résultats paraissent surtout intéressants quand on les rapproche de ceux fournis par l'étude des vitesses de refroidissement. On sait que les recherches d'Osmond, Arnold, Stead, Baker concordent pour indiquer que l'addition de silicium au fer efface graduellement le point critique A3, mais laisse subsister le point critique A2, tout en abaissant légèrement sa température. Dans les alliages peu carburés contenant plus de 1,30 de silicium, on serait donc conduit à conclure qu'il n'existe aucune transformation entre 0° et 900° d'après l'examen de la courbe de dilatation, tandis que l'étude du refroidissement indiquerait une transformation vers 700°. Il

---

(1) *Comptes rendus*, 1er semestre 1902, p. 540.

avait bien déjà été signalé par MM. Charpy et Grenet (¹) que le point A2 ne correspondait à aucune particularité de la courbe de dilatation; mais on avait, en général, tendance à conclure, d'après cette observation, que le point A2 n'indiquait pas l'existence d'une transformation spéciale, et n'était qu'un résidu des transformations correspondant aux points A1 et A3. D'après ce que nous avons dit plus haut, on arriverait à une conclusion



inverse. Le point A2 pouvant subsister quand les autres sont effacés, doit bien avoir une existence propre, et l'étude des alliages dans lesquels il subsiste seul doit même permettre de déterminer quel est son rôle et quelle est la nature de la transformation à laquelle il correspond.

La figure ci-dessus reproduit les courbes que nous avons obtenues pour représenter la dilatation et la recalescence (²) d'un acier doux ordinaire (courbes de gauche) et d'un acier doux contenant 3,5 pour 100 de silicium

(¹) *Comptes rendus*, 1er semestre 1902, p. 598.

(²) Ces dernières courbes ont été obtenues avec le galvanomètre double enregistreur Saladin-Le Chatelier.

(courbes de droite). On voit que pour ce dernier, la courbe de dilatation est parfaitement régulière et presque rectiligne jusqu'à 900°, tandis que la courbe de recalescence indique un point critique très net vers 700°. De nouvelles expériences, que nous poursuivons en ce moment, nous paraissent nécessaires pour reconnaître si cet accident correspond au point critique A2 ou bien au point critique A1.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la dissociation des composés gazeux par la lumière; gaz hydrogénés des familles de l'azote et du carbone; gaz divers.* Note de MM. **Daniel Berthelot** et **Henry Gaudechon**, présentée par M. E. Jungfleisch.

La règle d'après laquelle, dans une même famille de corps, la stabilité des composés vis-à-vis de la lumière (comme vis-à-vis de la chaleur) décroît quand le poids atomique augmente (*Comptes rendus*, 17 mars 1913) se vérifie dans les familles de l'azote et du carbone.

Famille de l'azote. — *Gaz ammoniac.* — Sa dissociation par les radiations ultraviolettes émanées des étincelles entre électrodes d'aluminium, a été reconnue par Warburg et Regener (*Sitz. Akad. Wiss.*, Berlin, 1904, p. 1228). Avec une grosse lampe à mercure de 220 volts, nous avons obtenu en 2 heures une décomposition presque totale.

Par contre, nous n'avons pas réussi à combiner les gaz hydrogène et azote, même en présence d'eau, corps qui aurait absorbé les moindres traces de gaz ammoniac formé en prenant une réaction alcaline très sensible et facile à constater (*Comptes rendus*, 16 août 1910). Même résultat négatif en présence d'acide sulfurique (non irradié), liquide sans tension sensible et très apte à absorber l'ammoniac. Nous avons déjà signalé une inertie analogue de l'azote vis-à-vis de l'oxygène. Il y a là une différence bien marquée entre l'action de la lumière et celle de l'effluve sur l'azote.

Phosphure d'hydrogène PH^3. — Thénard a reconnu que la lumière visible est sans action sur ce gaz pur, mais décompose le phosphure liquide, dont la présence rend ce gaz spontanément inflammable, en phosphure gazeux et phosphure solide. Nous avons conservé depuis 1901, en flacon de verre, ce gaz à la lumière diffuse sans altération (pas de dépôt de phosphore; gaz totalement absorbable par le chlorure cuivreux acide). Dans ce gaz exposé

à 20^{mm} d'une lampe à mercure, en tube de quartz mince, il se forme au bout de quelques minutes un brouillard jaune et les parois se couvrent de phosphore en couches minces irisées.

Avec le gaz spontanément inflammable, la formation du brouillard et le dépôt de phosphore sont instantanés en tube de quartz. En tube de verre à essais ordinaire qui arrête l'ultraviolet au-dessous de $0^{\mu},30$ et même en tube de verre uviol qui l'arrête au-dessous de $0^{\mu},25$, on ne constate au bout d'une demi-heure ni brouillard ni dépôt. Ces expériences sont faciles à répéter dans un cours. Les analyses gazeuses faites sur PH^3 irradié, en comparant l'augmentation totale de volume, la quantité d'hydrogène formé et la quantité d'oxygène nécessaire pour brûler le dépôt, montrent que ce dépôt contient une petite quantité de phosphure solide P^4H^2.

Quand on expose devant la lampe à mercure des échantillons de gaz PH^3 spontanément inflammable dans trois tubes : l'un en quartz, le second en verre uviol, le troisième en verre ordinaire, au bout d'une demi-heure on constate que les gaz contenus dans les tubes de quartz et uviol ne s'enflamment plus à l'air, tandis que le gaz du tube de verre s'enflamme encore.

Le phosphure liquide n'a donc pas été détruit en ce laps de temps par les radiations de $\lambda > 0^{\mu},30$, mais l'a été par celles comprises entre $0^{\mu},30$ et $0^{\mu},25$.

Arséniure d'hydrogène AsH^3. — D'après d'anciennes observations de Vogel (*Journ. prakt. Chem.*, t. VI, p. 347), ce gaz à l'obscurité déposerait en 8 jours des flocons noirs; et au soleil le flacon se couvrirait, en peu de jours, d'une couche d'arsenic métallique. Le produit de Vogel contenait probablement des traces d'impuretés et de l'humidité, car un échantillon sec et pur de AsH^3, préparé en 1894 et conservé depuis en flacon de verre, à la lumière diffuse, sur le haut d'une armoire, ne nous a pas montré de dépôt sensible sur les parois, et a été trouvé entièrement absorbable par SO^4Cu (et par suite exempt d'hydrogène); après un mois d'exposition à la lumière solaire directe sur une terrasse, en tube de quartz, il n'y avait encore qu'un léger voile d'arsenic sur les parois.

Exposé 2 heures à 10^{mm} d'une lampe 220 volts en régime faible (3,6 ampères et 60 volts aux bornes), en tube de verre ordinaire et en tube uviol, ce gaz ne s'est pas modifié. Les rayons de $\lambda > 0^{\mu},25$ n'ont donc qu'une action lente.

En tube de quartz, par contre, on voit au bout d'une quinzaine de secondes commencer à se former, sur les parois du tube, un dépôt brun qui ,

au bout d'une minute, est très net et, au bout de 10 minutes, a pris un aspect miroitant; on a mesuré séparément l'augmentation de volume et l'hydrogène formé; la comparaison des chiffres montre que ce dépôt miroitant est de l'arsenic pur.

Famille du carbone. — *Méthane*. — Même par irradiation intensive et prolongée, nous n'avons observé ni dépôt de carbone, ni variation de volume.

Siliciure d'hydrogène SiH^4. — Échantillon de gaz à peu près pur, comme on le reconnaît en l'analysant par la potasse, mais cependant spontanément inflammable, ce qui est dû, comme l'a montré M. Lebeau (*Comptes rendus*, 1909, p. 44), à des traces de silico-éthylène Si^2H^4. Exposé devant la lampe à mercure en tube de quartz, ce gaz donne instantanément un brouillard; sur les parois se dépose une pellicule jaunâtre irisée de silicium; le volume gazeux augmente, et l'on y caractérise l'hydrogène.

Composés organométalliques. — *Zinc éthyle*. — Les expériences précédentes montrant que la décomposition des composés gazeux est d'autant plus facile qu'il y entre des corps plus voisins de l'état métallique, nous avons pensé que les composés organométalliques seraient peu stables. En effet, au bout de 5 minutes, des échantillons de zinc-éthyle liquide exposés devant la lampe à mercure donnent un dépôt de zinc qui s'épaissit en couche brillante formant miroir; en même temps, il se dégage un gaz que nous avons caractérisé comme éthane presque pur et exempt d'éthylène dans plusieurs expériences. Simultanément à l'éthane, il doit se former un composé moins hydrogéné, qui s'unit vraisemblablement à l'excès de zinc-éthyle liquide.

Gaz phosgène $COCl^2$. — Ce gaz, qui se forme par l'union de CO et Cl^2 à la lumière visible, se dissocie inversement en faible proportion dans l'ultraviolet extrême. En présence du mercure qui fixe le chlore, la décomposition continue et le volume se réduit peu à peu à moitié. L'action est très prompte : moins de 5 secondes après avoir démasqué la lampe, le mercure est déjà nettement dépoli quand on opère en tube de quartz; dans un tube de verre uviol, le même effet demande environ 80 secondes; dans un tube de verre ordinaire, après 2 heures, le dépolissement du mercure est insensible.

Fluorure de soufre SF^6. — Ce gaz, qui comme la plupart des composés du fluor est très stable, n'est pas dissocié par les rayons de la lampe à mercure. Après 3 heures d'irradiation, en tube de quartz sur cuve à mercure, on n'observe ni dépôt ni variation de volume, et le mercure est resté brillant.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Orientation des cristaux liquides par les lames de mica.* Note de M. **Ch. Mauguin**, présentée par M. Wallerant.

Frankenheim (1), dans des expériences remarquables, a mis en évidence les actions d'orientation que le mica est susceptible d'exercer sur des particules cristallines variées se déposant à sa surface. Les cristaux liquides de Lehmann, en raison même de leur mobilité, peuvent manifester ces actions d'orientation d'une façon beaucoup plus nette encore. En faisant fondre de l'azoxyanisol entre deux lames de mica séparées par clivage et rapprochées dans leur position primitive (2), j'ai obtenu des édifices réguliers dont la structure présente les relations les plus étroites avec celles du cristal qui leur sert de support.

Pour définir ces relations avec précision, je rappellerai la propriété suivante bien connue : Lorsqu'on comprime avec une pointe émoussée une lame de mica posée sur un support flexible (liège ou caoutchouc), on la voit se plisser suivant une figure étoilée (*figure de pression*) qui résulte de l'entre-croisement d'une droite principale parallèle à l'axe L_2 du mica, et de deux droites secondaires faisant avec la précédente des angles de 60° à droite et à gauche. Je désignerai par D et G, *d* et *g* les directions de ces lignes secondaires sur les deux lames de clivage, inférieure et supérieure, $\widehat{D, G} = \widehat{d, g} = 60°$.

Au contact de la lame inférieure de mica, l'axe optique du liquide s'oriente parallèlement à l'une des lignes secondaires de pression (soit D *pour fixer les idées).*

Au contact de la lame supérieure de mica, l'axe optique du liquide s'oriente parallèlement à l'autre ligne secondaire de pression (g dans le cas supposé).

Entre les deux, l'orientation de l'axe optique varie d'une façon progressive, les couches extrêmes se trouvant raccordées par un édifice à structure hélicoïdale d'un enroulement total de 60° ($\widehat{D, g} = 60°$).

L'étude des propriétés optiques de ces édifices liquides se fait sans difficulté. Il suffit de compenser la biréfringence de chaque lame de mica en lui accolant une lame de mica de même épaisseur, les directions de vibration de la lame à compenser et de

(1) Frankenheim, *Pogg. Ann.*, t. XXXVII, 1836, p. 516; t. CXI, 1860, p. 1.

(2) J'ai toujours pris soin d'effectuer le clivage au moment même de faire la préparation, de façon que les surfaces utilisées soient parfaitement propres.

la lame compensatrice étant, bien entendu, croisées entre elles. Je donnerai ailleurs en détail les résultats de cette étude.

Les résultats énoncés entraînent quelques conclusions fort curieuses :

1° Les deux lignes latérales de pression D et G de la lame de mica inférieure sont physiquement différentes, puisque l'axe optique du liquide se dirige parallèlement à l'une d'elles et fait un angle de 60° avec l'autre. De même pour les directions *d* et *g* de la lame supérieure.

2° Sur les deux faces d'un même clivage, les lignes de pression physiquement équivalentes ne sont pas les lignes superposées, mais celles qui font entre elles un angle de 60°. Ce sont D et *g*, d'une part, G et *d*, d'autre part. On remarquera que deux directions équivalentes se substituent l'une à l'autre par une rotation de 180° autour de l'axe L_2 (amenant l'une des faces de clivage à la place de l'autre).

3° Les différents clivages observés ne se sont pas comportés de la même façon. Les uns, en effet, ont donné des édifices hélicoïdaux enroulés à droite (le liquide raccordant G, *d*); les autres, en nombre à peu près égaux, des édifices hélicoïdaux enroulés à gauche (le liquide raccordant D, *g*). Une même préparation m'a montré deux régions contiguës où l'enroulement avait lieu en sens contraires, et, fait important, *la ligne qui séparait ces deux régions se prolongeait en dehors de la préparation* par une strie visible sur le mica.

Tout ce qui précède est relatif à des préparations où l'on a eu soin de laisser aux lames de mica la position même qu'elles avaient avant d'être séparées par clivage. J'en ai fait d'autres où j'ai intentionnellement fait tourner l'une des lames, sur l'autre, d'un angle α. Le liquide continue à raccorder les directions (D, *g*) ou (G, *d*) dans la position nouvelle qu'elles ont prise. L'amplitude de l'enroulement hélicoïdal est alors de $60° \pm \alpha$. Elle peut être éventuellement nulle; la lame liquide se comporte comme un cristal homogène.

En terminant, je signalerai d'une part l'analogie étroite qui existe entre les lames d'azoxyanisol orientées par le mica et les lames d'azoxyphénétol orientées par de minces pellicules d'origine cristalline [1], d'autre part la différence profonde qui sépare les édifices actuels de ceux qu'on obtient en faisant fondre le même azoxyanisol entre des lames de verre rigoureusement propres [2].

---

[1] CH. MAUGUIN, *Bull. Soc. Min.*, t. XXXIV, p. 85.

[2] CH. MAUGUIN, *Id.* t. XXXIV, p. 83.

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la consommation des graisses dans l'organisme animal.* Note (1) de M. G. **Lafon**, présentée par M. A. Chauveau.

Il est établi depuis longtemps que ce sont surtout les principes ternaires, hydrates de carbone et corps gras, qui fournissent à l'organisme l'énergie dépensée pour l'entretien de son activité, les matières azotées ayant un autre rôle, celui de servir à la rénovation de la substance même des tissus, et ne jouant qu'accessoirement le rôle de combustibles.

La démonstration de la consommation périphérique du glucose par M. Chauveau (*Comptes rendus*, t. 42, 1856) et les recherches de Chauveau et Kaufmann sur le muscle releveur de la lèvre supérieure du cheval (*Comptes rendus*, t. 103, 1886) ont montré le rôle prépondérant du glucose comme aliment immédiat de l'activité des tissus et, en particulier, des muscles, mais le rôle des graisses n'en est pas moins évident.

D'abord, chez le sujet à jeun, les réserves hydrocarbonées sont vite épuisées et l'organisme tire nécessairement la plus grande partie de l'énergie qu'il dépense de la combustion de ses graisses. Les expériences de Kelluer sur le cheval et celles de Frentzel sur le chien ont, d'autre part, montré la participation des graisses de réserve à la production du travail, en cas d'alimentation insuffisante.

Comme l'activité des muscles entraîne une consommation incessante de glucose et de glycogène et que, d'autre part, le glucose du sang et le glycogène du foie et des muscles persistent très longtemps au cours de l'inanition, on a été conduit à admettre un renouvellement constant de ces principes, et M. Chauveau a émis l'opinion que l'utilisation de la graisse était indirecte et qu'elle servait précisément à la reconstitution du glucose et du glycogène consommés. Cette interprétation s'appuie sur les observations faites sur la marmotte en hibernation et sur les variations du quotient respiratoire pendant le travail et le repos consécutif, chez le sujet à jeun. Cette transformation de la graisse en glucose se ferait dans le foie (Chauveau, *Comptes rendus*, t. 122, 1896).

D'autre part, Bouchard et Degrez ont mis en évidence la formation du glycogène musculaire aux dépens des graisses chez l'homme et chez l'animal (*Comptes rendus*, t. 130, et *Journal de Physiologie et de Pathologie générale*, 1900).

Sans méconnaître la valeur des faits apportés à l'appui de cette conception, il n'est pas sans intérêt de rechercher si la graisse ne peut pas être directement utilisée par les tissus, au même titre que le glucose, sans être préalablement transformée en hydrate de carbone.

---

(1) Présentée dans la séance du 14 avril 1913.

On peut invoquer, à ce sujet : 1° la faible étendue des variations du quotient respiratoire, sous l'influence du travail, chez le sujet à jeun ; 2° la valeur relativement faible de ce quotient pendant le travail chez le sujet qui reçoit une ration riche en hydrates de carbone, ce que M. Chauveau interprète par la consommation simultanée de graisses (Chauveau, *Volume jubilaire du Cinquantenaire de la Société de Biologie*, 1889, p. 386) ; 3° la consommation nécessaire des graisses chez le sujet diabétique où les tissus ont perdu plus ou moins complètement l'aptitude à utiliser le glucose, et l'absence de glycosurie, chez les mêmes sujets, à la suite de l'ingestion de graisses ; 4° enfin l'absence d'accroissement de la consommation d'oxygène après ingestion de graisse, accroissement qui serait nécessaire pour expliquer la transformation de la graisse en glucose par oxydation incomplète.

Il y a lieu de rappeler aussi que Luchtinger a montré que le muscle privé de glycogène conserve encore longtemps l'aptitude à se contracter, et Ranke a établi que des muscles de grenouilles, épuisés par la tétanisation, ne se colorent plus par l'acide osmique, preuve de la consommation directe de la graisse par le travail musculaire (Ranke, *Tétanos*, 1865).

Pour mettre en évidence la consommation de la graisse par les tissus, nous avons exécuté des expériences analogues à celles de Chauveau et Kaufmann sur le muscle releveur de la lèvre supérieure du cheval, en dosant comparativement la graisse dans le sang artériel et dans le sang veineux qui sort du muscle, d'abord à l'état de repos, puis en provoquant l'activité des muscles par la mastication. Le dosage de la graisse a été fait par extraction à l'éther dans l'appareil de Soxhlet.

Nous avons fait également quelques expériences chez le chien en provoquant la contraction des muscles d'un membre postérieur par des excitations électriques. Les résultats obtenus sont consignés dans les Tableaux ci-après :

Expériences.		Durée de la prise de sang.	Irrigation sanguine : repos.	Irrigation sanguine : travail.	Accroissement.	Graisse contenue dans 1000g de sang : sang artériel.	sang veineux (repos).	sang veineux (travail).	Graisse prélevée p. 1000g de sang : repos.	travail.
		min	g	g		g	g	g	g	g
I.	Cheval vigoureux...	5	5	33	6,6	2,000	1,915	1,303	0,085	0,697
II.	Id. (1) ...	3	32	70	2,2	2,230	1,900	1,840	0,330	0,390
III.	Ane vigoureux (2)..	1	21,650	37,150	1,7	2,350	1,893	1,054	0,457	0,906
IV.	Id.	1	17,430	27,050	1,5	1,966	1,320	1,204	0,646	0,764
V.	Ane amaigri........	2	8,300	21,580	2,6	0,891	1,325(*)	0,416	+0,435	0,475
VI.	Id.	2	6,150	9,410	1,5	1,388	1,138	0,645	0,250	0,743

(1) Le sympathique cervical a été coupé pour une démonstration.

(2) Dans les expériences III et IV, les veines collatérales n'ont pas été liées, l'animal étant difficile, ce qui explique l'abondance de l'irrigation sanguine.

Sauf une seule exception (*), qui peut être due à une erreur d'expérience, le sang veineux a été trouvé constamment plus pauvre en graisse que le sang artériel, et le prélèvement est plus considérable pendant le travail, d'autant plus que le prélèvement, par unité de volume de sang, doit être multiplié par les coefficients d'irrigation sanguine qui s'accroît dans une proportion variant de 1,5 à 6,6.

Les résultats obtenus chez le chien n'offrent pas la même netteté et la teneur en graisse du sang veineux a été trouvée tantôt supérieure, tantôt inférieure à celle du sang artériel :

Expériences.		Graisse contenue dans 1000g : Sang artériel.	Sang veineux : repos.	travail.
VII.	Chien, 20kg (légèrement anesthésié au chloralose)....	2g,366	2g,216	2g,583
VIII.	Chien, 12 Id.	2,705	3,066	2,777
IX.	Chien, 21 (à jeun de 4 jours) Id.	1,350	0,597	0,900

Ces variations peuvent tenir à ce que le sang, en même temps qu'il perd de la graisse dans les muscles, s'approvisionne de nouveau dans les réserves.

Enfin les expériences faites sur le lapin, sacrifié par hémorragie, de façon à soustraire les muscles à l'influence de la circulation, montrent la diminution de la graisse dans les muscles épuisés par des excitations électriques :

Expériences.		*a*, muscles frais.	*b*, muscles fatigués
X.	Lapin. Graisse contenue dans 100g de muscles....	0g,881	0g,496
XI.	Lapin. Id.	0,830	0,550

De l'ensemble de ces résultats nous croyons pouvoir tirer la conclusion que *les graisses sont consommées directement, au même titre que le glucose, dans l'activité des tissus et, en particulier, dans le travail musculaire.*

PHYSIOLOGIE. — *Sur le mécanisme de la sécrétion salivaire provoquée par l'injection d'eau salée dans les vaisseaux.* Note de MM. E. **Wertheimer** et G. **Battez**, présentée par M. A. Dastre.

Cohnheim et Lichtheim ([1]) ont observé que l'injection d'eau salée dans

([1]) *Ueber Hydræmie und hydræmisches Œdem* (*Arch. f. experim. Pathol.*, t. LXIX, 1877, p. 106).

les vaisseaux active la salivation. Le mécanisme de cette activation n'a pas encore été étudié, que nous sachions. Il est communément admis que la dilution, le contenu salin du sang et la réplétion des vaisseaux agissent directement sur la glande, pour lui faire produire une quantité de liquide plus ou moins considérable.

H.-J. Hamburger ([1]), cependant, qui pose en principe qu'il n'y a pas de sécrétion salivaire sans action nerveuse, suppose que, même dans ce cas particulier, elle est due à une excitation réflexe. La solution salée, éliminée par la muqueuse buccale, impressionnerait les nerfs gustatifs, comme le ferait toute autre substance sapide. Cette hypothèse n'est pas justifiée : nous nous sommes assurés que ni l'anesthésie de la muqueuse linguale par la cocaïne, ni surtout la section simultanée de toutes les fibres gustatives, celles du nerf lingual *au-dessous* de l'origine de la corde du tympan et celles du nerf glosso-pharyngien à sa sortie du crâne, n'empêchent la solution salée de produire ses effets habituels.

Il n'en est pas moins vrai que cette action s'exerce presque exclusivement sur le système nerveux. Sectionnons, en effet, à droite par exemple, les nerfs sécréteurs de la glande sous-maxillaire, c'est-à-dire le lingual *au-dessus* de l'origine de la corde et le tronc commun du vague et du sympathique au cou, et laissons ces nerfs intacts à gauche : nous verrons, à la suite de l'injection, un écoulement abondant, ou même profus, se faire par le canal de Wharton gauche, tandis que, pendant le même temps, le canal du côté droit ne fournira que quelques rares gouttes de salive, parfois une ou deux seulement.

Nous avons employé, pour ces expériences, soit la solution isotonique de chlorure de sodium à 9 pour 1000, soit une solution très hypotonique, à 2 pour 1000. Dans ce dernier cas, le contraste entre les deux côtés est encore plus frappant parce que la sécrétion est, en général, plus abondante qu'avec les solutions isotoniques; sans doute, la moindre viscosité du liquide et du sang favorise l'action nerveuse. Voici un exemple de ce genre.

Chez un chien de 13^{kg}, curarisé, on introduit des canules dans les deux conduits de Wharton et l'on énerve la glande sous-maxillaire à droite. Au moment de l'injection, la salivation est arrêtée depuis quelques minutes, aussi bien à gauche qu'à droite. On injecte en 13 minutes 2500^{cm^3} de la solution à 2 pour 1000. La sécrétion commence du côté intact $2^m 35^s$ après le début de l'injection et l'on compte ensuite par minute : 3, 8, 11, 20, 25, 25, 25, 30, 31 gouttes de salive. L'écoulement diminue alors graduellement; mais, à la trente-sixième minute, on recueille encore 9 gouttes.

([1]) *Osmotischer Druck und Ionenlehre*, t. II, 1904, p. 432.

Du côté énervé, une goutte a commencé à apparaître entre la cinquième et la sixième minute et n'est tombée qu'à $16^{m}25^{s}$; puis il s'en forme cinq autres dans les 19 minutes suivantes.

En outre, chez l'animal qui a reçu une dose suffisante d'atropine, les glandes salivaires se comportent comme les glandes énervées.

Ainsi cette sécrétion, où les phénomènes physiques de filtration, de diffusion, d'osmose sembleraient seuls devoir entrer en jeu, est presque entièrement sous la dépendance du système nerveux : ce n'est qu'une très faible quantité de salive qui se forme sans l'intervention des nerfs sécréteurs. Par quel mécanisme les solutions salées sollicitent-elles l'activité de ces nerfs? C'est certainement l'augmentation de la pression sanguine que, dans nos expériences, il faut mettre en cause : la vitesse de l'injection ne permet pas à la tension artérielle de se régulariser. Ainsi, dans l'observation que nous avons résumée ci-dessus, la pression, qui était de 9^{cm} avant l'injection, s'est élevée à $20^{cm},5$ au moment où la sécrétion a commencé et s'est maintenue à peu près à ce chiffre pendant une dizaine de minutes.

Cette augmentation de pression ne peut qu'exciter directement le centre *bulbaire de la sécrétion* comme elle excite, par exemple, dans des conditions semblables, le centre modérateur du cœur. A moins qu'on ne veuille admettre, ce qui nous paraît moins vraisemblable, une excitation réflexe partie des nerfs sensibles des vaisseaux, à la suite de la forte distension à laquelle ils sont soumis.

De même, on doit pouvoir activer la sécrétion salivaire par la compression de l'aorte abdominale qui élève la pression dans toutes les régions du corps situées au-dessus du diaphragme. C'est, en effet, ce que nous avons observé, bien que le résultat s'obtienne moins souvent qu'après l'injection de la solution salée. Mais lorsque, à la suite de cette injection, la sécrétion commence à se ralentir, il est de règle que l'oblitération de l'aorte produise une nouvelle accélération, et toujours du seul côté où les nerfs ont été respectés.

Les expériences de MM. Dastre et Loye [1] nous apprennent aussi que si les injections d'eau salées sont faites assez lentement pour que la pression artérielle ait le temps de se régulariser, les glandes salivaires ne contribuent pas, en général, ou du moins ne contribuent que fort peu à l'excrétion du liquide injecté dont l'*élimination se fait presque entièrement par la voie urinaire*.

---

(1) *Nouvelles recherches sur l'injection de l'eau salée dans les vaisseaux* (*Arch. de Physiol.*, 1889, p. 253).

PHYSIOLOGIE. — *Coefficients lipocytiques et imbibition des cellules vivantes par l'eau.* Note [1] de MM. **André Mayer** et **Georges Schaeffer**, présentée par M. Dastre.

La question des échanges d'eau des cellules avec leur milieu domine un grand nombre de problèmes de physiologie normale et pathologique. Parmi les faits de biologie générale, les phénomènes de turgescence, de croissance, d'anhydrobiose; dans la physiologie des organismes supérieurs, les échanges entre les tissus et le sang, l'absorption par l'intestin et les séreuses, les sécrétions rénale et pulmonaire; à l'état pathologique, les phénomènes d'œdème, s'y rattachent tous étroitement.

Au cours de ces vingt dernières années, à la suite de travaux de Pfeffer, d'Hamburger, on a considéré que le facteur principal des échanges d'eau est la pression osmotique des cellules et des tissus, c'est-à-dire, en dernière analyse, la *concentration moléculaire des cristalloïdes* qui s'y trouvent dissous. La plupart des chercheurs sont aujourd'hui d'accord pour penser qu'à elle seule l'osmose est impuissante à expliquer l'ensemble des échanges d'eau et des substances dissoutes. Une première correction au point de vue que nous avons rappelé a été apportée par Overton. Cet auteur a attiré l'attention sur le fait que la cellule contient des *lipoïdes*. Pour lui, ces constituants forment autour de la cellule une zone superficielle, et la plupart des corps n'y pénètrent que dans la mesure où ils se dissolvent dans ces lipoïdes.

Nous ne désirons pas discuter encore le point de vue d'Overton. Mais si cet auteur a, avec raison, attiré l'attention sur la présence des lipoïdes, on peut, à notre sens, concevoir leur rôle d'une façon toute différente.

Rappelons tout d'abord que, par des recherches sur les complexes colloïdaux d'albuminoïdes et sur les aspects ultramicroscopiques des tissus et des liquides de l'organisme, nous avons essayé de mettre en lumière l'idée que le protoplasma *est un gel.* D'autre part, nos études sur les mitochondries nous ont conduits à identifier ces corps que l'histologie révèle à l'intérieur de toutes les cellules, avec les lipoïdes (phosphatides et cholestérine) que la chimie y décèle. Dès lors, le protoplasma cellulaire nous apparaît comme un gel albuminoïde contenant une certaine proportion de lipoïdes, plus ou moins grande suivant les tissus. On est en droit de se demander si les lipoïdes contenus dans le gel cellulaire n'influent pas considérablement sur sa liaison avec l'eau, *sur son imbibition par l'eau.*

On sait en effet, d'une part, que les composés d'acides gras ont avec l'eau une faible affinité, et nous avons montré notamment que, dans la série des acides gras saturés, à

[1] Présentée dans la séance du 14 avril 1913.

partir de l'acide caprylique, les savons sont, en solution aqueuse, à l'état colloïdal (1). D'autre part, on sait que certains corps qu'on rencontre en même temps que les lipoïdes, dans toutes les cellules, comme la cholesterine, ont au contraire la propriété de favoriser considérablement l'imbibition par l'eau des mélanges qui les contiennent (lipoïdes épidermiques, recherches de Unna).

Dès lors, on est naturellement conduit à rechercher si l'imbibtion par l'eau des cellules et des tissus ne dépend pas directement de leur teneur en composés d'acides gras, notamment en phosphatides et aussi en cholestérine. C'est ce que nous allons examiner en nous occupant d'abord des cellules considérées hors de l'organisme.

I. Cas des cellules isolées. Globules rouges.

Placées dans des solutions hypotoniques, les hématies se gonflent au maximum, puis s'hémolysent. Les globules des différentes espèces sont inégalement sensibles à cette hémolyse par l'eau. On peut, par exemple, les classer ainsi, en commençant par les plus sensibles : Mouton, Bœuf, Cheval, Cobaye, Lapin, Poule. Or, si l'on considère la composition de ces globules (2) on voit que cet ordre est rigoureusement celui des valeurs du rapport $\frac{\text{cholestérine}}{\text{acides gras}}$ dans les globules considérés. *Les globules sont donc hémolysés d'autant plus facilement par l'eau que leur coefficient lipocytique est plus élevé.*

II. Cas des tissus.

On peut (Overton, Loeb, M. Fischer), pour étudier l'imbibition des tissus, en prélever des fragments, les placer dans l'eau et, par des pesées successives, déterminer leur gonflement maximum par l'eau. On constate alors les faits suivants :

1° Chez un même animal, Mammifère ou Oiseau, l'ordre d'imbibition relative des différents tissus est toujours le même. Le plus gonflé est le poumon, puis vient le rein, puis le foie. Or cet ordre est précisément (3) celui des coefficients lipocytiques. *Les fragments de tissus placés dans l'eau se gonflent d'autant plus que leur coefficient lipocytique est plus élevé.*

2° Ces expériences permettent d'aller plus loin et de montrer qu'il existe un rapport numérique entre la teneur en lipoïdes et l'imbibition par l'eau. Si l'on réfléchit en effet que l'eau constitue la plus grande partie des tissus,

---

(1) André Mayer, G. Schaeffer et E.-F. Terroine, *Comptes rendus*, 2 mars 1908.

(2) André Mayer et G. Schaeffer, *Composition chimique du sang et hémolyse* (*Comptes rendus*, t. 155, p. 728).

(3) André Mayer et G. Schaeffer, *La composition des tissus en acides gras non volatils et en cholestérine* (*Comptes rendus*, t. 156, p. 815).

qu'elle détermine dans une large mesure *leur volume*; si, d'autre part, la teneur en eau est proportionnelle au coefficient $\frac{\text{cholestérine}}{\text{acides gras}}$, l'inverse de ce coefficient, le coefficient $\frac{\text{acides gras}}{\text{cholestérine}}$ mesure *une pression*, une tension qui limite le volume cellulaire, qui s'oppose au gonflement. Il doit donc exister entre les nombres qui les expriment une relation approchée de la forme de la loi de Mariotte. Eau d'imbibition $\times$ coefficient $\frac{\text{acides gras}}{\text{cholestérine}}$ = une constante. Or voici les chiffres donnés par les expériences :

Tissu.	Eau retenue par 1g de tissu sec.		$\frac{1}{\text{coefficient lipocytique}}$.		k.
Lapin (7 expériences).					
Poumon...	9,28	×	5,8	=	60,1
Rein......	8,29	×	7,5	=	62,1
Foie......	5,09	×	11,9	=	60,4
Muscle....	5,60	×	13,6	=	76,9
Pigeon (5 expériences).					
Rein......	5,75	×	11,10	=	62,2
Foie......	4,78	×	12,6	=	60,3
Muscle....	3,41	×	58	=	197

Tissu.	Eau retenue par 1g de tissu sec.		$\frac{1}{\text{coefficient lipocytique}}$.		k.
Chien (8 expériences).					
Poumon...	12,22	×	5	=	61,10
Rein......	6,78	×	9,5	=	64,41
Foie......	4,18	×	14,7	=	61,44
Muscle....	4,21	×	43,5	=	183,13
Anguille.					
Hépatopancréas....	4,51	×	15,2	=	68,5

On voit que, sauf le cas du muscle (¹), sur lequel nous aurons à revenir et si l'on considère ce que le mode d'expérimentation comporte d'imprécision, les concordances pour les valeurs de k peuvent être considérées comme bonnes. On est donc fondé à penser qu'il doit exister une relation de la forme suivante : *Toutes choses égales d'ailleurs, un fragment de tissu placé dans l'eau s'imbibe proportionnellement à son coefficient lipocytique.*

Nous avons examiné dans quel rapport se trouve le facteur que nous venons de dégager avec ceux qui déterminent, à l'état normal et pathologique, l'imbibition des tissus dans l'organisme vivant. Nous y reviendrons. Dans cette Note nous avons voulu indiquer seulement *qu'il existe une relation et même une relation numérique entre le coefficient lipocytique de tissus et leur imbibition maxima par l'eau.*

(¹) Nous reviendrons sur ce point quand nous aurons montré qu'on a le droit de calculer le coefficient lipocytique, non seulement en acides gras, mais en phosphore des phosphatides. Cet élément est, en effet, aussi constant dans les cellules que les autres constituants lipoïdes que nous avons déterminés.

PHYSIOLOGIE. — *Recherches expérimentales sur le venin de* Buthus quinquestriatus. Note de M. **Maurice Arthus**, présentée par M. Dastre.

Lorsqu'on injecte, dans les veines du lapin, du venin de serpent, on détermine une chute de pression artérielle plus ou moins considérable et durable selon la dose et la nature du venin injecté. Lorsqu'on injecte, dans les veines du lapin, du venin du scorpion égyptien, *Buthus quinque-striatus*, on détermine, entre autres phénomènes, une élévation considérable de la pression artérielle, qui passe de 10^{cm} à 15^{cm} de mercure, et s'y maintient pendant plusieurs minutes, quand la quantité de venin injecté est suffisante.

Cette opposition, en apparence absolue, entre les effets de ces deux catégories de venins sur la pression artérielle méritait d'être étudiée : la présente Note contient les principaux résultats de cette étude.

La dépression produite par les venins des serpents n'est accompagnée d'aucune modification du rythme cardiaque; l'hypertension provoquée par le venin du scorpion égyptien est généralement accompagnée d'un ralentissement du rythme cardiaque, qui, chez le lapin, passe de 240-200 à 60-40 par minute : le fait est d'autant plus remarquable que le ralentissement expérimental du cœur par excitation des nerfs vagues est un des artifices employés en Physiologie pour abaisser la pression.

Injecté dans les veines du chien, le venin du scorpion égyptien détermine également une hypertension considérable (la pression peut passer de 12^{cm}-14^{cm} à 24^{cm}-30^{cm} de mercure) et un ralentissement du cœur.

L'hypertension scorpionique ne résulte pas d'une action exercée par le venin sur le centre vaso-tonique bulbaire, car elle se produit avec sa grandeur et ses caractères normaux, quand le centre vaso-tonique bulbaire a été fonctionnellement supprimé par injection de cocaïne dans le quatrième ventricule. On peut admettre, au moins chez le lapin, que le venin agit à la périphérie, parce qu'il n'existe pas de centres vaso-toniques de quelque importance dans la moelle ou dans les ganglions sympathiques chez cet animal.

La modération cardiaque provoquée par le venin de scorpion est la conséquence de l'intervention de l'appareil modérateur extra-cardiaque : elle ne se produit pas chez l'animal atropiné, ou chez l'animal ayant subi la double vagotomie (mais l'effet hypertenseur se produit chez ces animaux); elle ne se produit pas chez l'animal dont le bulbe a été supprimé fonctionnellement par injection de cocaïne dans le quatrième ventricule (mais l'effet hypertenseur se produit chez cet animal); elle se produit, généralement atténuée, en

durée et en grandeur chez les lapins dont les nerfs dépresseurs ont été sectionnés. Cette modération cardiaque est donc, selon toutes vraisemblances, la conséquence d'un réflexe, l'impression étant transmise au bulbe par divers nerfs, parmi lesquels il faut placer les dépresseurs, et réfléchie du bulbe au cœur par les nerfs vagues.

On ne peut pas ne pas rapprocher les phénomènes vasculaires et cardiaques de l'intoxication scorpionique des phénomènes de même nature de l'intoxication adrénalinique.

L'hypertension et la cardiomodération sont des phénomènes précoces de l'intoxication scorpionique : elles se produisent 20 à 30 secondes après l'injection intraveineuse. Or, ces phénomènes ne se produisent plus : 1° quand on injecte un mélange de venin de scorpion et de sérum antiscorpionique (de l'Institut Lister de Londres) immédiatement après l'avoir fait; 2° quand on injecte du venin de scorpion dans les veines d'un lapin ayant reçu quelques instants auparavant du sérum antiscorpionique dans les veines. Donc la neutralisation du venin de scorpion, par l'antivenin correspondant, est un phénomène qui s'accomplit, *in vitro* et *in vivo*, en moins de 20 à 30 secondes.

Le venin du scorpion égyptien exerce donc sur la circulation une action absolument dissemblable de celle exercée par les venins de serpents. Mais il est possible de trouver, parmi les venins, des poisons formant passage de de l'un aux autres.

En injectant, dans les veines du chien, le venin d'un petit scorpion qu'on trouve en abondance à Djelfa et à Ouargla, j'ai constaté qu'il provoque d'abord une dépression assez marquée, avec atténuation des oscillations cardiaques de la pression, comme le font, chez cet animal, les protéines toxiques, puis une hypertension semblable en grandeur et en durée à celle provoquée d'emblée par le venin du scorpion d'Égypte. En injectant, dans les veines du lapin, le même venin du scorpion algérien, j'ai provoqué des manifestations d'intoxication protéique, chute de pression et accélération respiratoire notamment, sans aucune hypertension primitive ou tardive.

En injectant, dans les veines du lapin, du venin de Cascavel brésilien (*Crotalus terrificus*), à dose non coagulante, on provoque une remarquable modification de la pression : 10 secondes après l'injection, il se produit une chute brusque et considérable de la pression; 30 secondes après l'injection, il se produit une ascension brusque et énorme de la pression, qui dépasse de beaucoup sa valeur primitive; 1 minute et demie à 2 minutes après l'injection, il se produit une dépression qui persiste. On note en même

temps du ralentissement cardiaque, comme dans l'intoxication scorpionique, et de l'accélération respiratoire, comme dans l'intoxication protéique.

Je n'ai pas observé nettement de faits analogues avec les autres venins que j'ai étudiés; mais j'en ai reconnu dans l'intoxication qu'on provoque, chez le lapin, en injectant dans ses veines du sérum de poule : on peut noter alors les faits signalés dans l'intoxication cascavélique, mais ces faits sont atténués en durée et en grandeur. Ces manifestations toxiques, vasculaires et cardiaques, reconnaissent d'ailleurs les mêmes causes et mettent en jeu les mêmes mécanismes que ceux qui ont été indiqués pour l'intoxication scorpionique.

Enfin, si, au lieu d'injecter le venin de scorpion égyptien dans les veines d'un lapin neuf, on l'injecte dans les veines d'un lapin préparé par injections sous-cutanées répétées de ce venin, on note, aussitôt après l'injection, une dépression de courte durée, mais très nette, suivie d'une hypertension considérable et durable : cette forme de courbe faisant passage entre celle qu'on observe dans l'intoxication scorpionique et celle qu'on observe dans l'intoxication cascavélique.

On peut ainsi établir une série régulière de formes d'intoxication (en ce qui concerne les faits cardiaques et vasculaires) : venin de scorpion égyptien (lapin neuf), venin de scorpion égyptien (lapin préparé), venin de scorpion algérien, venin de Cascavel (et sérum de poule), venins de serpents.

PHYSIOLOGIE. — *Des rapports entre l'anaphylaxie, l'immunité et l'autoprotéolyse des centres nerveux.* Note de M. **L.-C. Soula**, présentée par M. Dastre.

Il paraît aujourd'hui établi que les altérations du système nerveux à la suite d'une injection préparante d'antigène jouent un rôle important, pour ne pas dire capital, dans la genèse de l'état anaphylactique. C'est ce qui ressort, en particulier, des recherches de MM. Abelous et Bardier (1). Dès lors il était permis de penser que l'injection d'un antigène déterminant l'état anaphylactique devait entraîner des modifications dans les centres nerveux au point de vue de la protéolyse dont ils sont le siège.

Il nous a donc paru intéressant de rechercher :

(1) *Comptes rendus*, 3 juin 1912.

1° Quelle pouvait être l'influence de l'injection préparante d'un antigène (urohypotensine et ovalbumine) sur l'activité de la protéolyse dans les centres nerveux du lapin;

2° L'activité de la protéolyse dans les centres nerveux d'animaux en voie d'immunité.

1° Nous avons donc fait l'injection préparante à une série de lapins adultes, arrivés à leur développement complet, et nous avons sacrifié ces animaux au bout de 5, 10, 17, 22, 23, 26 et 37 jours.

Le coefficient d'aminogenèse étant en moyenne de 6 pour 100 pour le cerveau et de 7,5 pour 100 pour la moelle, et le coefficient de protéolyse de 14 à 15 pour 100, chez le lapin normal, ces coefficients deviennent :

Jours.	Coefficient d'aminogenèse (p. 100).		Coefficient de protéolyse (p. 100).
	Cerveau.	Moelle.	
V (urohyp.)	5	6	13
X (urohyp.)	7	8,5	16
XVII (urohyp.)	8,8	8,8	26,5
XXII (ovalbum.)	8,7	9,9	24,8
XXIII (urohyp.)	9,1	11.4	20,8
XXVI (ovalbum.)	8	8,6	»
XXXVII (urohyp.)	6,1	7,3	15,6

On voit que les coefficients s'élèvent régulièrement à partir du 5e jour après l'injection préparante pour passer par un maximum qui a lieu le 23e jour. A partir de cette date, les coefficients s'abaissent pour rejoindre la normale vers le 35e jour. Il est à noter que les coefficients les plus élevés coïncident avec le moment où la sensibilité anaphylactique est maxima. Vers le 35e jour, l'état anaphylactique a disparu comme nous avons pu le constater sur d'autres lapins. A ce moment, les coefficients sont normaux.

2° J'ai voulu étudier comparativement les modifications de l'aminogenèse et de la protéolyse dans les centres nerveux de lapins ayant reçu deux injections d'antigène espacées d'une quarantaine de jours. Comme antigène, j'ai employé l'ovalbumine.

Un lapin ayant reçu une première injection de 3g d'ovalbumine, puis une deuxième injection de 3g d'ovalbumine à 41 jours d'intervalle, a été sacrifié le 63e jour après la première injection (en voie d'immunité).

L'analyse de la substance nerveuse a révélé des coefficients d'aminogenèse de 6,5 pour 100 pour le cerveau et 7,1 pour 100 pour la moelle et

un coefficient de protéolyse de 15,7 pour 100. Ces valeurs sont sensiblement normales.

Conclusions. — Il résulte de ces expériences que l'état d'anaphylaxie s'accompagne d'une augmentation marquée de l'autoprotéolyse des centres nerveux.

Par contre, si, une fois l'état anaphylactique passé, on fait une seconde injection d'antigène, cette injection ne détermine aucun accroissement de ces coefficients.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Des rapports existant entre l'anaphylaxie et l'immunité.* Note (¹) de M. **Marcel Belin**, présentée par M. A. Chauveau.

Ayant démontré que la toxogénine dérive d'une protoxogénine par oxydation ménagée de cette substance, il nous est désormais possible de faire varier à volonté la quantité de toxogénine contenue dans l'organisme, de l'*augmenter* par les injections de sels peu oxygénés ou de la *diminuer* en précipitant une partie des sels de l'organisme par administration de chlorure de calcium ou, mieux encore, en oxydant la toxogénine *in vivo* par injections de substances très oxygénées (²). Il est donc possible ainsi de voir quel rôle joue la toxogénine dans la constitution de l'immunité.

A priori, étant donnée la remarquable facilité avec laquelle s'oxyde l'apotoxine, la fixation de l'antigène par la toxogénine apparaît, à mon avis, non pas comme un phénomène d'*anaphylaxie* au sens propre du mot, mais bien comme un phénomène d'immunité, cette réaction donnant naissance à une substance que l'organisme oxydera très facilement et qui deviendra, pour lui, absolument inoffensive. Il y a transformation d'un corps peu oxydable en un autre plus oxydable, d'une substance difficilement destructible, la toxine, en une autre éminemment destructible, l'apotoxine; ce sont là des faits qui concourent nettement à la protection de l'organisme, c'est donc bien de l'immunité.

(¹) Présentée dans la séance du 14 avril 1913.

(²) M. Belin, *Mécanisme de production de l'anaphylaxie sérique* (*Revue de Physiologie et Pathologie générale*, mai 1911); *La réaction à la tuberculine est une réaction anaphylactique* (*Soc. de Biologie*, 4 mai 1912; *Congrès de Pathologie comparée*, 20 octobre 1912).

L'expérience m'a d'ailleurs permis de confirmer cette hypothèse.

Mais, avant d'aborder l'étude de cette question, il convenait de voir quel pouvait être :

1° L'action des oxydants sur les toxines elles-mêmes ;

2° Le rôle des variations du chimisme de l'organisme, résultant des injections salines répétées, sur l'évolution des maladies microbiennes.

De l'oxydation des toxines *in vivo*. — Étant donné que les toxines s'oxydent très rapidement quand elles sont abandonnées *in vitro* au contact de l'air, il était logique de penser que, tout comme la toxogénine, les toxines pouvaient être influencées par les injections de sels très oxygénés.

D'ailleurs des résultats heureux ont été obtenus dans le traitement des maladies infectieuses, à plusieurs reprises, par l'emploi d'oxygène en injection sous-cutanée, de permanganate de potassium et d'autres substances; mais il s'agit là de faits isolés, obtenus par hasard et le plus souvent mal interprétés.

Nous étudierons, dans cette Communication, le rôle des oxydants dans le tétanos, la colibacillose et la vaccine.

Tétanos. — Toutes les injections ont été faites à des lapins, au niveau du membre antérieur droit, à l'aide de culture de 36 heures en bouillon peptoné, à la dose de $1^{cm^3},5$.

Les substances oxydantes employées ont été les chlorates de sodium et de potassium et un terpène ozoné, la tallianine, administrés par la voie veineuse.

Nous avons constaté, à chaque fois, que, tant que la paralysie restait localisée au membre antérieur droit, peu de temps après l'injection de la substance oxydante, le membre qui, primitivement, reposait sur le sol, inerte, rejeté en arrière, se trouvait peu à peu ramené dans la position normale; puis bientôt l'appui se faisait, hésitant tout d'abord, plus nettement ensuite et bientôt les mouvements redevenaient presque normaux.

L'amélioration était d'autant moins nette que l'animal était plus paralysé, elle était nulle quand la paralysie était complète.

Les injections de sels oxygénés amenaient, en général, un retard d'un jour dans la mort des sujets succombant à cette affection suraiguë.

Il semble donc déjà que la toxine, libre au moins, puisse être facilement oxydée.

Colibacillose. — Dans une de nos expériences, nous avons obtenu les résultats suivants :

Quatre lapins reçoivent dans le péritoine 1^{cm^3} de culture de 24 heures en bouillon peptoné. Les substances oxydantes sont injectées à partir de la quinzième heure.

Le témoin ($2^{kg},250$) succombe en 18 heures.

Le second ($2^{kg},020$) est très abattu au moment de la première injection, on lui

administre du chlorate de potassium par la *voie veineuse* à la dose de 8^{cg} par kilogramme, trois fois le premier jour, deux fois le second jour : mort en 3 *jours*.

Le troisième (2^{kg},280) ne reçoit également que cinq injections de solutions identiques de chlorate de potassium, aux mêmes doses, mais par la *voie sous-cutanée* : mort *le neuvième jour* seulement.

Enfin au quatrième (2^{kg},220), on fait des injections *sous-cutanées* de chlorate de sodium aux mêmes doses et en nombre égal, soit trois le premier jour et deux le second; or ces injections ont suffi pour *guérir complètement* l'animal qu'on a commencé à traiter 2 heures seulement avant la mort d'un témoin de poids égal.

Vaccine. — Comme on pouvait s'y attendre, les caractères des éruptions furent peu modifiés par des injections intraveineuses de tallianine et de chlorate de sodium; il semble même que l'éruption et les troubles oculaires, obtenus par vaccination au niveau de scarifications cornéennes, furent plus accusés chez les sujets traités que chez les témoins. Nous en trouverons l'explication en étudiant le rôle de la toxogénine dans l'immunité.

Conclusions. — 1° Au point de vue théorique, nous constatons que les toxines sont facilement oxydables, nous devons donc renoncer à employer les oxydants pour diminuer la quantité de toxogénine *in vivo*.

2° Au point de vue pratique, ces résultats ont une importance toute particulière. Un procédé de traitement des maladies infectieuses qui permet, à l'aide de cinq injections seulement (colibacillose), de sauver un animal qui doit succomber quelques heures après, mérite certes bien d'attirer tout spécialement l'attention.

Aussi, étant donnée l'importance pratique de ces faits, nous nous proposons, avant de poursuivre l'étude des rapports existant entre l'anaphylaxie et l'immunité, d'étudier le rôle que peuvent jouer les oxydants dans l'évolution de la plupart des maladies infectieuses.

CHIMIE PATHOLOGIQUE. — *Sur le métabolisme des chlorures urinaires chez les cancéreux*. Note de M. **Albert Robin**, présentée par M. Armand Gautier.

Mes recherches sur le métabolisme des chlorures chez les cancéreux aboutissent aux conclusions suivantes :

1° Ni le fait du cancer, ni son siège n'exercent aucune influence sur l'élimination des chlorures urinaires et sur les rapports d'échange du chlore;

2° Les variations des chlorures et de leurs rapports reconnaissent comme condition principale le taux de l'alimentation.

	NaCl.	AzT (1).	RI.	ClAz : T.	Cl : RI.
21 cancéreux s'alimentant suffisamment.	9g,22	10g,70	15g,81	52,20	35,34
15 cancéreux divers insuffisamment, ou non alimentés.	2,31	8,40	7,39	16,67	18,94

Leur élimination urinaire peut donc renseigner sur la quantité de celle-ci.

3° Quand, indépendamment du siège de la maladie, on classe les cancéreux suivant les taux respectifs de leurs éliminations en chlorures, azote total et résidu inorganique, on peut les ranger en trois groupes :

A. Dans le premier groupe, les chlorures, l'azote total, le résidu inorganique sont, à peu de chose près, normaux (voir plus haut les chiffres des sujets bien alimentés) (2). Chez eux, le cancer est encore une maladie locale, et si des analyses en série montrent que ce syndrome urinaire persiste, la marche de la maladie est plus lente.

B. Dans le deuxième groupe, les chlorures descendent à un taux très bas, alors que l'azote total demeure au chiffre des cancéreux suffisamment alimentés :

NaCl.	AzT.	RI.	Cl : AzT.	Cl : RI.
2g,55	10g,16	8g,84	15,20	17,47

Ces malades s'alimentant peu ou pas, empruntent l'azote à leur propre substance ; ils sont en état d'activité destructive et leur affection prend des allures rapides.

C. Dans le troisième groupe, tous les éléments sont abaissés parallèlement :

NaCl.	AzT.	RI.	Cl : AzT.	Cl : RI.
1g,84	4g,90	4g,49	22,75	24,93

Ces malades ne vivent plus que sur eux-mêmes, d'une façon réduite. Leurs échanges ne diffèrent pas de ceux des cachectiques quelconques et des inanitiés.

4° La thérapeutique palliative peut tirer quelque profit de ces indications, puisqu'il en ressort, pour les sujets du premier et surtout du deuxième groupe, l'utilité d'une alimentation mixte plus intense, aidée de la médication apéritive et des médications modératrices de la dénutrition azotée au premier rang desquelles figurent la quinine et les arsenicaux.

---

(1) AzT = azote total ; RI = résidu inorganique.

(2) Moyenne normale chez un individu de 65kg :

NaCl.	AzT.	RI.	Cl : AzT.	Cl : RI.
9g,50 à 10g,50	13g,17 à 14g,30	16g,87 à 18g,80	41 à 43	32,50

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Recherches sur la synthèse biochimique du méthylglucoside β dans un liquide neutre, étranger à la réaction.* Note de MM. **Ém. Bourquelot** et **Ém. Verdon**, présentée par M. Jungfleisch.

Il a été démontré que l'émulsine en poudre peut exercer son action hydrolysante sur les glucosides dissous dans des liquides neutres tels que l'acétone et l'éther acétique, bien que ces liquides ne dissolvent pas trace de ferment (1).

L'action de l'émulsine étant réversible, il était légitime de penser que ce ferment pourrait également, dans les mêmes liquides, agir synthétiquement sur les composants de ces glucosides. Mais pour qu'il en fût ainsi, il fallait que le liquide neutre employé comme véhicule fût capable de dissoudre les composants (glucose et alcool méthylique pour la synthèse du méthylglucoside).

On ne pouvait donc pas espérer réussir avec l'acétone pure, anhydre, qui ne dissout pour ainsi dire pas de glucose et dans lequel, d'ailleurs, l'émulsine n'agit pas comme hydrolysant. Mais il était tout indiqué de recourir à des acétones renfermant 10, 20 et même 30 pour 100 d'eau.

Dans nos premiers essais, nous avons employé de l'acétone à 20 pour 100 d'eau en poids. Avec cet acétone, on a fait à chaud une solution renfermant, pour 100^{cm^3}, 2^g de glucose anhydre, solution qui, une fois refroidie, a servi à préparer les mélanges suivants :

I.	Solution acétonique de glucose		80^{cm^3}
	Alcool méthylique absolu		5
	Acétone à 80 pour 100	q. s. p.	100
II.	Solution acétonique de glucose		80
	Alcool méthylique absolu		10
	Acétone à 80 pour 100	q. s. p.	100
III.	Solution acétonique de glucose		80
	Alcool méthylique absolu		15
	Acétone à 80 pour 100	q. s. p.	100
IV.	Solution acétonique de glucose		80
	Alcool méthylique absolu		20

Chacun de ces mélanges renfermait donc $1^g,60$ de glucose; mais les proportions d'alcool méthylique étaient entre elles comme 1, 2, 3 et 4.

(1) Em. Bourquelot et M. Bridel, *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 1259.

Après avoir pris leur rotation initiale ($l = 2$), on les a additionnés de 0g,40 d'émulsine et on les a abandonnés à la température du laboratoire (16° à 18°). Dans le Tableau suivant, se trouvent rassemblées les rotations observées qui intéressent la question, ainsi que les quantités de glucose combiné au moment où la limite de l'action synthétisante du ferment a été atteinte.

	Alcool méthylique pour 100cm³.	Rotation initiale.	Rotation après 5 jours.	Rotation à l'arrêt de la réaction.	Glucose combiné à l'arrêt.
	cm³	° ′	° ′	′	g
I........	5	+1.54	+1. 2	+48	0,610
II........	10	+1.56	+ 40	+16	0,824
III........	15	+1.58	+ 28	− 8	0,992
IV........	20	+2	+ 22	−20	1,129

Ces résultats démontrent, comme on l'avait prévu, que l'émulsine peut effectuer la synthèse d'un glucoside dans un liquide étranger à la réaction, et cela avec un rendement important, puisque dans les quatre essais, ce rendement correspond respectivement à 38,1; 51,5; 62 et 70,5 pour 100 du glucose mis en œuvre.

Si le rendement a augmenté du premier au quatrième essai, cela tient évidemment à l'augmentation corrélative de l'alcool et non à la diminution de l'eau, qui, somme toute, est à peu près négligeable.

Dans deux autres essais, on a employé de l'alcool méthylique à 70 pour 100 en poids, avec lequel on a fait une solution renfermant, pour 100cm³, 5g de glucose. On a préparé ensuite les mélanges suivants :

		cm³
A.	Solution méthylique de glucose................	50
	Acétone pure................................	50
B.	Solution méthylique de glucose................	50
	Alcool méthylique à 70 pour 100................	50

Ces mélanges renfermaient la même quantité de glucose (2g,50 pour 100); mais le second renfermait deux fois autant d'alcool méthylique et d'eau que le premier qui, seul, contenait de l'acétone (volume égal). On a ajouté 0g,40 d'émulsine et continué comme ci-dessus.

Voici les résultats de ces deux essais :

	Rotation initiale.	Rotation après 6 jours.	Rotation après 12 jours.	Rotation à l'arrêt.	Glucose combiné.
	° ′	° ′	′	° ′	g
A (acétone)......	+2.58	+1.20	+6	−1.4	2,061
B...............	+2.58	+1. 6	±0	−1.4	2,061

Ainsi, bien que la réaction ait marché plus lentement d'abord dans l'essai A (acétone), en raison sans doute de l'écartement plus grand des molécules en réaction, la limite atteinte a été la même dans les deux cas.

On a là de nouveaux points de rapprochement entre la glucosidification par l'émulsine et l'éthérification. On sait en effet que Berthelot et Péan de Saint-Gilles, dans leurs *Recherches sur les affinités de la formation et de la décomposition des éthers*, ont observé des faits analogues ([1]).

Mais, pour nous en tenir à l'objet immédiat de ces recherches, on saisit facilement l'importance des résultats obtenus, au point de vue de l'application du procédé biochimique de synthèse aux alcools solides qui ne fondent qu'à une température où les ferments sont détruits. On doit, en dissolvant ces alcools dans de l'acétone plus ou moins chargé d'eau, obtenir des liquides qui se prêteront à la dissolution du glucose et par conséquent à la réalisation de la synthèse des glucosides de ces alcools.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Contribution à l'étude de la bière visqueuse.* Note de M. **E. Kayser**, présentée par M. L. Maquenne.

Les espèces microbiennes qui causent cette altération paraissent être nombreuses; quelques-unes ont été décrites par V. Laer, Lindner, V. Dam, Schœnfeld, Brown et Morris, Baker et Day, Winther. Leurs recherches se rapportent à des bières belges, allemandes, anglaises et américaines.

J'ai eu l'occasion d'en isoler une d'une bière visqueuse de Normandie; voici ses propriétés :

Ce microbe affecte la forme de monades, diades et tétrades; ses dimensions sont de $1^{\mu},7$ en tous sens, colonies petites d'un blanc jaunâtre; température optima comprise entre 25° et 28°; entouré de glaire il résiste à 50° pendant 15 minutes, colorable au Ziehl, prend le Gram.

Facultativement anaérobie, il se cultive très facilement dans le moût de bière, l'eau de levure, le bouillon peptoné sucré, la bière; tous ces liquides deviennent filants et leur viscosité persiste plus ou moins longtemps.

Il attaque le saccharose, maltose, glucose, lévulose, galactose, arabinose,

---

([1]) *État de dissolution dans un menstrue étranger à la réaction* (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 3e série, t. LXVI, 1862, p. 61).

dextrine, mannite; ses meilleurs aliments azotés sont la peptone et l'asparagine.

Il préfère les moûts neutres ou légèrement alcalins, il est gêné par 1 pour 100 d'acide lactique, favorisé par l'addition de sulfate ou de carbonate de chaux ou encore par les microbes aérobies.

Les doses de 256^g et 356^g de houblon par hectolitre n'ont pas empêché le filage dans les liquides contenant 3 pour 100 d'alcool, élément dont il supporte jusqu'à 6 pour 100; il sécrète de la maltase.

Il forme surtout de l'acide lactique inactif, de l'acidité volatile (acides acétique, propionique, valérianique) le sucre est presque intégralement transformé en ces deux produits.

Ensemencé dans du moût de bière à 12°,6 Balling, seul ou avec une levure de bière, on constate que les transformations sont influencées par l'addition de dextrine, glucose ou malt incomplètement saccharifié.

		Microbe + Levure.			
Quantités par litre.	Microbe seul.	Témoin.	2 pour 100 dextrine.	2 pour 100 glucose.	2 pour 100 de malt.
Acidité fixe en Ac. Lact....	1^g,366	1^g,489	3^g,139	1^g,942	2^g,458
Ac. Vol. en A. Ac.........	0,137	0,231	0,259	0,169	0,257
Rapp. $\frac{\text{Ac. V.}}{\text{A. Fi.}}$.............	$\frac{1}{5,3}$	$\frac{1}{4,2}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{7,6}$	$\frac{1}{6,3}$

Le microbe ensemencé dans la bière stérilisée à froid, additionnée d'asparagine, de chlorure de calcium, de maltose, de dextrine ou des deux simultanément, donne lieu à des transformations du même ordre de grandeur que celles du témoin; toutefois la bière asparaginée filait plus que les autres.

Comparons le microbe Bi de la bière avec les ferments de la graisse du vin ([1]) et du cidre ([2]) dans le même milieu peptoné additionné de maltose (3,1 pour 100), saccharose (4 pour 100), lévulose (2 pour 100), glucose (2 pour 100).

Le Tableau suivant montre les quantités d'acide fixe exprimées en acide lactique (I), d'acide volatil exprimé en acide acétique (II) et le rapport de l'acidité volatile exprimée en Ac. Lact. à l'acidité fixe (III); l'analyse a été faite après 4 mois.

([1]) *Comptes rendus*, t. 149, p. 740.
([2]) *Ibid.*, t. 152, p. 1422.

		Quantités par litre. Ferments.		
		y (vin).	b (cidre).	Bi (bière).
Milieu maltosé.	I............	3g,423	6g,099	4g,444
	II............	0,176	1,550	0,109
	III...........	$\frac{1}{12,9}$	$\frac{1}{2,62}$	$\frac{1}{27}$
Milieu saccharosé.	I............	2,637	3,900	4,867
	II............	0,762	2,320	0,163
	III...........	$\frac{1}{2,3}$	$\frac{1}{1,1}$	$\frac{1}{19,9}$
Milieu glucosé.	I............	1,851	3,690	4,173
	II............	0,182	1,495	0,078
	III...........	$\frac{1}{6,8}$	$\frac{1}{1,5}$	$\frac{1}{35,6}$
Milieu lévulosé.	I............	1,792	3,090	2,916
	II............	1,157	1,612	0,216
	III...........	$\frac{1}{1,0}$	$\frac{1}{1,3}$	$\frac{1}{9}$

Dans tous ces liquides qui filaient encore (sauf Bi lévulosé), nous trouvons avec tous les sucres les rapports $\frac{A.V}{A.Fi}$ plus élevés pour le ferment Bi de la bière; tous les ferments donnent de l'alcool avec les quatre sucres, sauf Bi qui n'en donnait qu'avec le lévulose; tous sauf Bi fournissaient de la mannite aux dépens du lévulose.

Ce ferment comparable à ceux du cidre et du vin à certains égards doit donc être placé dans un autre groupe.

Le mode de préparation des moûts et du brassage, la composition des eaux, le manque de soins de propreté, doivent contribuer à sa propagation.

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Étude de l'action des rayons ultraviolets sur l'oreille de lapin. Influence de l'intensité. Irradiations intermittentes.* Note de M. **Venceslas Moycho**, présentée par M. Dastre.

Dans la Note précédente (*Comptes rendus*, 17 février 1913), nous avons décrit l'action brute des rayons ultraviolets sur l'oreille de lapin, déterminé la région la plus active du spectre ultraviolet et la perméabilité de l'oreille à ces radiations. Nous poursuivons aujourd'hui cette étude.

Relation entre l'intensité de rayonnement et le seuil de durée. — Pour établir la relation entre l'intensité de rayonnement et la durée correspondant au seuil de la réaction, nous avons fait varier l'intensité en augmentant successivement la distance entre la source et l'oreille de lapin.

Voici les moyennes de plus de 70 expériences :

Distances.	Seuil de durée.	Intensité de rayonnement.	Énergie du rayonnement correspondant au seuil.
cm	s		
6	10	100	100
10	27	36	97
20	100	9	90
30	250	4	100
40	500	2,3	123

Il résulte de ces expériences que :

1° Le seuil de durée diminue quand l'intensité de rayonnement augmente;

2° La quantité d'énergie nécessaire pour produire le minimum de réaction visible reste assez constante, au moins pour les intensités variant dans les limites de 100 à 4. Les faibles variations qu'on observe se trouvent dans les limites de la précision que permet la mesure du seuil (10 à 20 pour 100).

Irradiations intermittentes. — Le seuil de durée représente le minimum de temps d'irradiation continue nécessaire pour produire un effet visible sur l'oreille de lapin. L'irradiation pendant une fraction de ce temps ne produit aucune réaction visible.

On doit pourtant se demander si une irradiation très brève qui ne détermine aucune réaction visible ne produit pas des réactions intracellulaires qui persistent assez longtemps pour pouvoir s'additionner lorsqu'on répète plusieurs irradiations inefficaces. Dans ce cas on devra chercher la durée des intervalles au bout desquels il y a encore addition, c'est-à-dire déterminer la durée de persistance des effets produits par ces irradiations.

Lorsqu'on produit une série d'irradiations brèves de 5 ou 10 secondes (la durée du seuil continu étant égale environ à 20-40 secondes), séparées par des intervalles de quelques minutes, on trouve que les effets de ces irradiations s'additionnent entre eux et que le seuil d'irradiation fractionnée est sensiblement égal au seuil d'irradiation continue.

Pour déterminer la durée de persistance des réactions intracellulaires produites par ces irradiations très brèves, nous avons allongé successivement la durée des intervalles. Nous avons pu ainsi séparer ces irradiations de 5 ou 10 secondes par des inter-

valles de 12, 24 et même quelquefois 48 heures, et l'on trouve que dans ces cas l'addition des effets se produit encore.

Les irradiations séparées par des intervalles encore plus grands ne donnent plus aucune réaction visible. C'est la phase d'addition inefficace. La persistance des réactions produites par des irradiations de 10 secondes est donc environ égale à 48 heures. Nous donnons ici quelques exemples :

Date de l'expérience.	Durée d'une irradiation (en secondes).	Durée de l'intervalle (en heures).	Nombre d'irradiations.	Somme des durées des irradiations (en secondes).	Effet.	Durée du seuil continu (en secondes).
20 novembre.	10	6	3	30	faible	30
26 juillet....	10	12	3	30	faible	30
27 juillet....	10	24	4	40	faible	40
19 octobre...	10	48	4	40	douteux	40
19 octobre...	10	48	6	60	faible	40
4 novembre.	10	48	4	40	très faible	40
8 novembre.	10	72	9	90	rien	30
22 octobre...	10	72	13	130	rien	40
27 juillet....	5	12	5	25	faible	20
2 février ...	5	24	6	30	très faible	30
9 février ...	5	24	8	40	très faible	30
2 novembre.	5	48	14	70	rien	30
2 novembre.	5	48	18	90	rien	30

Il résulte de ces expériences qu'une irradiation très courte, 10 secondes ou même 5 secondes, qui ne détermine pas de réaction vasculaire visible, produit cependant un certain effet intracellulaire. Nous ignorons la nature de ces processus. Probablement il s'agit ici des réactions qui ne diffèrent pas essentiellement de celles observées sur les organismes comme paramécies, microbes, globules blancs, etc.

On sait en effet, d'après les travaux de M. et Mme V. Henri [1], que les rayons ultraviolets produisent des actions profondes sur les substances qui se trouvent à l'intérieur des cellules comme les lipoïdes, hydrates de carbone, albuminoïdes.

En faisant agir les rayons sur les organismes de petite taille et des globules blancs et en étudiant l'aspect à l'ultramicroscope, ces auteurs constatent que le protoplasma, après l'exposition aux rayons, devient plus granuleux, plus brillant. Un changement d'aspect analogue s'obtient sur l'albumine d'œuf et les albuminoïdes du plasma sanguin. Ces changements correspondent à un commencement de coagulation.

---

[1] *Journ. de Physiol. et de Pathol.*, 1911.

Les lipoïdes, d'après les mêmes auteurs, semblent être atteints aussi profondément. De nombreux microbes perdent, après l'irradiation, la propriété de fixer le réactif de Gram. Cette réaction étant liée probablement à la présence de lipoïdes à acides gras non saturés, il résulterait de ces expériences que les rayons ultraviolets produisent sur ces corps des actions d'oxydation ou d'autres réactions qui saturent les valences libres.

Ils est possible que les rayons ultraviolets déterminent des processus analogues dans certaines cellules de tissus de l'oreille de lapin. Et comme ces réactions ne sont pas réversibles, les éléments atteints par l'action des rayons ultraviolets doivent être éliminés, ce qui explique la lenteur du processus de réparation.

Influence de l'intervalle des irradiations intermittentes sur l'intensité de la réaction. — D'après l'étude de V. Henri, il résulte que les irradiations intermittentes n'ont pas le même effet suivant la taille des organismes dont il s'agit. Ainsi, pour les microbes, il n'y a aucune différence dans l'action abiotique entre le rayonnement continu et le rayonnement intermittent. Au contraire, pour les organismes plus grands : infusoires divers, petits crustacés, etc., on trouve une différence très nette entre l'action de l'irradiation continue et l'irradiation intermittente. Dans certains cas, l'irradiation fractionnée est plus active que l'irradiation continue : c'est le phénomène d'*addition renforcée.* Il faut remarquer cependant que, dans le cas des microbes, l'étude portait sur le pouvoir abiotique des rayons ultraviolets, tandis que, pour les organismes de petite taille, il s'agit du pouvoir excitant.

Pour étudier l'influence de l'intervalle, nous avons comparé soit la durée du seuil continu avec celle du seuil interrompu; soit, dans d'autres cas, l'intensité de la réaction obtenue par les irradiations de la même durée totale, mais de l'intervalle différent.

En faisant varier la durée de l'intervalle de 1 minute et au-dessous jusqu'à 12 heures, nous ne pouvons constater aucune influence nette de la discontinuité d'irradiation. La réaction se produit sensiblement au moment où la somme des durées des irradiations intermittentes devient égale à la durée du seuil d'irradiation continue. En outre, l'intensité de la réaction reste sensiblement constante lorsque, pour une durée d'irradiation totale donnée, on irradie d'une manière discontinue en variant la durée des intervalles.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Présence de l'acide propionique dans les sécrétions des rhumatisants*. Note de M. **Oechsner de Coninck**, présentée par M. Dastre.

Certains rhumatisants émettent, en général au sortir d'une de leurs crises annuelles, des urines dont l'odeur, très particulière, rappelle à la fois celles de l'acide butyrique et de l'acide acétique. Cette odeur m'ayant souvent frappé, je me suis proposé d'en rechercher la cause.

Les urines ont été soigneusement filtrées sur papier blanc, alcalinisées au moyen de la soude pure, et concentrées sur le bain-marie, au sixième de leur volume. Le liquide résiduel a été placé dans une cornue, et acidifié par l'acide phosphorique. On a distillé, et l'on a recueilli un liquide jaune brun, qui a été décoloré au noir animal. Le liquide doué de cette odeur *sui generis* que j'ai signalée plus haut, était fortement acide. Saturé par de la céruse pure, il a fourni un sel de plomb ayant toutes les apparences d'un corps pur. Ce sel a été décomposé par l'hydrogène sulfuré. Par filtration, il s'est séparé un liquide mobile, qui a été rectifié : il passait entre 139° et 142°. L'analyse élémentaire a fourni les résultats suivants :

	Trouvé.	Théorie pour $C^3H^6O^2$.
C pour 100	48,42	48,65
H »	8,28	8,11

L'acide isolé dans les conditions qui viennent d'être exposées est donc de l'acide propionique.

En terminant, je signalerai un fait qui me paraît intéressant : dans le liquide de suintement de l'eczéma, survenu chez plusieurs rhumatisants, j'avais déjà trouvé de l'acide propionique.

PARASITOLOGIE. — *La typhlite parasitaire du Nandou*. Note de M. **G.-R. Blanc**, présentée par M. Marchal.

L'élevage du Nandou prenant actuellement une certaine importance, il est utile de bien connaître les parasites de cet Oiseau et en particulier les Helminthes.

Un certain nombre d'entre eux jouent en effet un rôle pathogène que ne doivent pas ignorer les éleveurs.

En 1911 Raillet et Henry signalaient 12 espèces parasites de l'intestin,

dont 3 Cestodes, 7 Nématodes et 2 Acanthocéphales. Grâce à l'obligeance de M. Paris, préparateur à la Faculté des Sciences de Dijon, j'ai pu étudier un certain nombre de Nématodes provenant du cæcum d'un jeune Nandou et qui me paraissent devoir constituer une espèce nouvelle du genre *Heterakis* que je propose de nommer *Heterakis Parisi*. Voici la description de cette espèce ;

Le corps est blanchâtre, cylindroïde atténué en avant et en arrière, surtout chez la femelle. Il porte une double crête latérale, bien visible sur les coupes transversales; cette crête s'insère en haut au niveau du vestibule buccal et descend le long du corps pour aller se perdre à la hauteur de la ventouse ventrale chez le mâle et se confondre avec les téguments de la queue chez la femelle. La cuticule est finement striée en travers, les stries étant distantes d'environ 2^{μ}. La bouche est entourée de trois petites lèvres, hautes de 18^{μ}, munies chacune de deux papilles externes. A la bouche fait suite l'œsophage composé de deux parties : la première, à parois minces, dilatable, est longue de 50^{μ} et large de 40^{μ}; elle se renfle légèrement pour se continuer avec la seconde partie, musculeuse, large d'environ 68^{μ}, qui se termine en un bulbe œsophagien de 215^{μ} de diamètre.

La longueur totale de l'œsophage est de 1^{mm}.

Le mâle est long de 7^{mm} à 9^{mm}, épais vers son tiers antérieur de 350^{μ} à 400^{μ}, l'extrémité caudale est terminée en longue pointe effilée en avant de laquelle se montre comme chez tous les *Heterakis* une ventouse préanale, deux ailes latérales soutenues par des papilles et deux spicules. Les papilles caudales sont au nombre de 12 de chaque côté et disposées de la façon suivante en allant d'arrière en avant : un groupe de deux (papilles 1 et 2), situé à la base de la pointe caudale; une troisième et une quatrième isolées (papilles 3 et 4); un groupe de 6 papilles dont deux adanales et 4 postanales (papilles 5 à 10); enfin, deux papilles disposées de chaque côté de la ventouse (papilles 11 et 12); cette ventouse est munie d'un anneau chitineux échancré sur la ligne médiane à sa partie postérieure.

Les deux spicules sont très inégaux, le droit est long d'environ $2^{mm},200$ et le gauche de 640^{μ}, ils sont munis de larges ailes membraneuses dont le diamètre transversal atteint 45^{μ}.

La femelle est longue d'environ 10^{mm}; sa plus grande épaisseur au tiers moyen de sa longueur est de 340^{μ} à 360^{μ}, le corps s'atténue à la partie postérieure et se termine en une queue très effilée.

La vulve est située un peu avant le milieu du corps, les œufs ovoïdes sont longs de 68^{μ} et larges de 45^{μ}.

Heterakis Parisi est très voisin d'*Heterakis isolonche* var. Linst. des Faisans. Il s'en distingue par ses ailes latérales continues sur toute la longueur du corps, par le nombre des papilles caudales du ♂ (12 au lieu de 11) et enfin par ses spicules très inégaux.

Voici, d'après M. Paris, dans quelles circonstances ce Nématode a été

recueilli. Le jeune Nandou, dont ils proviennent, était né à Dijon et élevé dans un parquet boueux avec un certain nombre de volatiles mais pas de Faisans. Quelques jours avant sa mort, il ne pouvait plus marcher qu'avec une grande difficulté, il paraissait atteint de rachitisme et n'avait atteint à sa mort qu'environ moitié de sa croissance. A l'autopsie, on constatait de l'entérite accompagnée d'une ascite abondante.

L'examen détaillé des viscères n'a pas été fait et je n'ai pu examiner que des fragments de cæcum avec son contenu; dans ce dernier, j'ai trouvé des *Heterakis* en très grande abondance, ainsi que sur la muqueuse du cæcum où ils formaient une véritable couche. Un grand nombre étaient fixés sur cette muqueuse ou avaient pénétré dans son épaisseur déterminant une forte réaction adénomateuse. Je n'ai pas constaté les nodules caractéristiques de la typhlite du Faisan qui ont fait donner à cette maladie le nom de *typhlite verruqueuse* par Lucet et Henry, cela tient peut-être à la petite quantité de matériel que j'ai pu étudier. Il ressort cependant des constatations précédentes, abondance des *Heterakis* dans le cæcum, lésions de ce cæcum jointes aux signes cliniques d'amaigrissement et de diarrhée, qu'on peut considérer *Heterakis Parisi* comme agent causal d'une typhlite du Nandou pouvant être mortelle.

MICROBIOLOGIE. — *Sur un microcoque des concrétions calcaires d'origine tuberculeuse.* Note de M. **Raphael Dubois**, présentée par M. Henneguy.

Grâce à l'extrême obligeance de M. Hauer, directeur du service vétérinaire des abattoirs de la ville de Toulon, j'ai pu avoir des concrétions calcaires, formées autour de foyers tuberculeux, dans le poumon de deux bœufs paraissant en voie de guérison et dans le foie d'un porc.

De la coque calcaire de ces foyers j'ai pu obtenir des cultures de plusieurs espèces de bactériacées. Mais l'une d'elles, qui s'est rencontrée dans les concrétions des trois animaux en question, a particulièrement attiré mon attention.

L'examen microscopique m'a montré qu'il s'agit d'un microcoque ressemblant à celui que j'ai trouvé dans le sac perlier des *Pinna* (1).

(1) Voir *Comptes rendus*, séance du 17 mars 1913. Mais l'analogie d'espèce se complète d'une manière saisissante par la forme et l'aspect général des cultures sur bouillon de gélatine peptone ordinaire et autres.

Ce microcoque creuse dans la gélatine peptonisée des cavités en forme de carafes arrondies avec un col court, ou bien des bourses étranglées entre la cavité et l'ouverture. Cette dernière ne s'élargit que plus tard. La cavité n'est pas remplie de liquide, mais les parois et le fond surtout sont tapissés par une *crême* assez consistante.

Dans tous les cas de calcification pathogène, qu'il s'agisse de perles, de calculs, de concrétions pulmonaires, etc., ce n'est pas la chaux qui fait défaut seulement, c'est l'impossibilité par l'organisme, en état de décalcification, de fixer celle qu'on peut toujours lui offrir en abondance.

En ce qui concerne la formation de la perle, en particulier, il est bien évident que, dans la grande majorité des cas, c'est le parasite ou les parasites qui attirent sur le point infecté les cellules migratrices calcarifères [1] comme les microbes, dans d'autres cas, attirent les phagocytes.

Ces microcoques ont été inoculés à des Cobayes tuberculeux : l'expérience seule pourra décider de la valeur pratique de ces constatations qui n'en garderont pas moins, quoi qu'il arrive, un intérêt scientifique.

CYTOLOGIE. — *Études cytologiques sur les relations existant entre le noyau et le développement des cristaux dans les cellules parenchymateuses du périanthe d'*Anthurium. Note de M. **J.-A. Samuels**, présentée par M. Henneguy.

Les recherches anatomiques sur le développement des cristaux dans les cellules parenchymateuses me paraissent encore assez incomplètes.

Plusieurs phénomènes intéressants qui pourraient sembler très suspects ont été jusqu'à présent complètement négligés : tel est, au moment de la formation des cristaux, l'agrandissement des protoplastes par accumulation du protoplasme et augmentation de volume du noyau.

Ces cellules à cristaux qui présentent un développement tout particulier ont été jadis rapidement étudiées par différents savants tels que Fuchs, Kohl, Rosanoff, De Bary, Zacharias, Johow [2] et d'autres, mais aucun d'eux n'est arrivé à suivre le développement complet.

---

[1] Voir Raphael Dubois, *Contribution à l'étude des perles fines, de la nacre et des animaux qui les produisent* (*Ann. de l'Univ. de Lyon*, nouv. sér., t. I, *Sc. méd.*, fasc. 29, 1909, p. 59 et *fig.* 10).

[2] Fuchs, *Œsterr. botanische Zeitung*, 1898, n° 91. — Kohl, *Anatomische-physiologische Untersuchung der Kalksalze und Kieselsäure in der Pflanze*, Mar-

A propos de mes recherches sur le développement du sac embryonnaire d'*Anthurium*, j'ai eu l'occasion d'observer la fusion de noyaux dans certaines cellules du périanthe. J'ai constaté bientôt que ce fait ne se présente que dans les protoplastes où se forment des raphides d'oxalate de chaux, tandis que, dans les cellules contenant des cristaux polyédriques de la même substance, nous n'avons aucune fusion.

Ces cristaux polyédriques apparaissent d'abord dans les assises de cellules les plus externes et plus tard on les retrouve dans les zones les plus internes et même autour des faisceaux libéro-ligneux. A ce moment toutes les cellules des premières assises sous-épidermiques sont pourvues chacune d'une de ces colonies de cristaux.

Les cellules à raphides, moins nombreuses que les cellules à cristaux polyédriques, sont disséminées principalement dans la partie centrale des bractées, disposées en périanthe; cependant on peut aussi rencontrer quelques-unes de ces cellules dans les assises périphériques.

Un phénomène général préside la formation de ces deux sortes de cristaux. Le protoplasme s'accumule dans la cellule et se condense en une masse non adhérente à la membrane. Le noyau se trouve dans la partie la plus condensée du cytoplasme, c'est-à-dire vers sa périphérie. J'ajouterai, ainsi que Fuchs l'a indiqué pour d'autres plantes, que cette masse protoplasmique s'entoure d'une nouvelle paroi.

Dans un stade ultérieur, les cellules dans lesquelles se formeront les cristaux polyédriques présentent dans le protoplasme des stries divergeant à partir du noyau. Ces rayons, qui disparaissent peu avant ou à la fin du développement des cristaux, sont très probablement en rapport avec la formation de ces derniers.

Aussitôt après l'apparition des cristaux dans les cellules, le noyau ne tarde pas à disparaître après avoir pris une structure tout à fait homogène et une forme amiboïde.

Pendant le développement des cellules à raphides, on observe un phénomène important aussitôt après la condensation du protoplasme : la paroi d'une cellule avoisinante, mais plus interne, disparaît, tandis que le protoplasme et le noyau se fusionnent.

---

burg, 1889. — ROSANOFF, *Botanische Zeitung*, 1865, p. 41-42. — DE BARY, *Vergleichende Anatomie*, p. 144. — ZACHARIAS, *Botanische Zeitung*, 1879, p. 642. — JOHOW, *Untersuchungen über die Zellkerne in der Secretbehältern und Parenchymzellen der höheren Monocotylen*, p. 9-21.

Le nouveau noyau n'est plus placé vers la périphérie de la masse protoplasmique, mais occupe une position plus centrale.

A la nouvelle cellule ainsi formée peuvent s'ajouter successivement, par un processus semblable, d'autres cellules dont le nombre est variable, mais peut dans certains cas dépasser 5.

Les raphides divergent en général à partir de ce noyau complexe. Cependant parfois le noyau prend une forme allongée et occupe alors une position latérale par rapport à la masse des raphides qui se trouve entourée d'une substance protoplasmique ou muqueuse.

Bientôt le noyau va dégénérer d'une façon à peu près identique à celle que nous avons observée pour les noyaux des cellules à cristaux polyédriques. Il est intéressant de remarquer que l'évolution des cristaux prend fin dès le début de la dégénération du noyau.

En résumé, cette observation me semble importante à divers points de vue :

1° A propos de la signification de la copulation des noyaux dans les cellules végétatives;

2° Comme premier cas connu du fusionnement des cellules et des noyaux correspondants avec formation de cellules agrandies où se développent des raphides d'oxalate de chaux;

3° Comme nouvelle preuve des relations intimes existant entre le noyau et le protoplasme ou plus exactement entre le noyau et les processus physiologiques de la cellule.

Chez les autres plantes à raphides que nous sommes en train d'étudier, les cristaux doivent probablement se former par un processus identique à celui que je viens de décrire pour le genre *Anthurium*.

GÉOLOGIE. — *Sur des phénomènes de capture dans la région occidentale du Bassin de Paris*. Note de M. **François Bochin**, présentée par M. Charles Barrois.

Quand on considère le cours de l'Eure sur une carte à échelle moyenne, au $\frac{1}{320000}$ par exemple, on est surpris d'y voir le coude que décrit cette rivière dans le Pays Chartrain.

Née entre les forêts de Longny et de la Ferté-Vidame, l'Eure coule depuis sa source jusqu'à Thivars, c'est-à-dire sur un trajet de 50^{km} suivant une

direction Sud-Est. Elle s'infléchit ensuite brusquement au Nord-Est, et reçoit à Maintenon la Voise qui lui vient du Sud-Est. A partir de ce confluent, l'Eure se présente dans le prolongement de la Voise, en prenant une orientation Nord-Ouest parallèle à celle de la Seine. Son cours inférieur se trouve ainsi en sens inverse de son cours supérieur. Mais un examen plus attentif de cette inversion montre que de Pontgouin à Chuisnes, l'Eure s'incurve, au Sud, puis fait un angle droit vers l'Est en arrivant à Courville. Or à 5^{km} au Sud, débute près de Fruncé le ruisseau du Loir qui, jusqu'à Illiers, suit une vallée Nord-Sud pendant 15^{km}. Ces faits ne peuvent s'expliquer que par une capture.

Comme preuve apparaît entre Fruncé et l'Eure une dénivellation de 12^m, consécutive à cette capture; les alluvions qu'on trouve à 192^m en gare de Pontgouin attestent également l'existence d'un ancien lit plus élevé. L'altitude était suffisante pour qu'il se poursuivît par le Loir actuel dont l'origine se trouve à 180^m.

L'Eure vraie était alors constituée par la Voise-Eure, dont l'ensemble est conforme à l'allure générale du terrain. Elle recevait à Maintenon un affluent venant de Chartres et parallèle d'ailleurs à tous ceux qu'elle reçoit en aval. C'est cet affluent subséquent qui, par son érosion régressive, est allé capturer le Loir à Chuisnes. Ce que nous appelons aujourd'hui l'Eure est donc formé du cours supérieur du Loir, continué par un affluent et la majeure partie de l'ancienne Eure. En donnant au département le nom d'Eure-et-Loir, on ne pouvait donc mieux exprimer, sans s'en douter, l'état antérieur des rivières dans cette région.

Sans avoir la même évidence, une autre capture, d'ailleurs plus ancienne, semble s'être produite dans le cours moyen du Loir.

Cette rivière, parvenue à Vendôme, change sa direction Sud-Sud-Ouest pour couler franchement vers l'Ouest. Or, les alluvions qu'on trouve sur les flancs de sa vallée, à une altitude moyenne de 130^m, et les îlots d'alluvions mentionnés par la Carte géologique sur une ligne droite joignant Vendôme à Auzouer, permettent de supposer que le Loir, quand il coulait dans un lit plus élevé, se jetait directement dans la Loire par le cours inférieur de la Brenne actuelle, sans aller chercher dans la Sarthe, à Angers, un niveau de base considérablement plus éloigné.

A défaut d'éléments concluants sur cette seconde capture, la première est déjà d'un intérêt suffisant; car c'est dans la région de l'Aube et de la Marne qu'ont été observés les premiers phénomènes de capture, c'est-à-dire sur la rive droite de la Seine et dans la bordure orientale du Bassin de Paris.

Ceux dont nous signalons la symétrie sur la rive gauche et la situation sur le versant Seine-Loire, dans la bordure occidentale, nous ont donc paru apporter à l'étude des rivières, dans le Bassin de Paris, un complément d'information, démontrant combien ces phénomènes ont joué un rôle important dans l'évolution du réseau hydrographique.

GÉOLOGIE. — *Contribution à l'étude du Wealdien de la province de Santander.* Note de M. **Louis Mengaud**, présentée par M. Douvillé.

Le Wealdien a été signalé pour la première fois en 1876 dans la province de Santander par Gonzalez Linares (¹) qui trouva, dans une série de grès et de marnes attribuée au Trias, des *Unios*, des *Paludines*, des *Cypris* très analogues à ceux du Wealdien anglais. Successivement il découvrit cette faune spéciale dans la vallée du rio Saja entre Cabezon de la Sal et Valle de Cabuérniga, dans la vallée du rio Besaya, près de Torrelavega, enfin aux portes de Santander dans les tranchées du chemin de fer. Les travaux de G. Linares ont été analysés et résumés par S. Caldéron (²), ensuite par Puig et Sanchez Lozano (³).

Dans la province de Santander, le Wealdien se présente sous forme de grès micacés plus ou moins durs (débutant quelquefois par des poudingues), alternant avec des argiles ou des marnes noires, grises, jaunes ou rouges. On y trouve des lits de lignite d'importance variable et des concrétions ferrugineuses parfois assez abondantes.

Ce Wealdien repose directement tantôt sur des calcaires liasiques, tantôt sur des marnes rouges gypsifères, salifères et à petits cristaux de quartz bipyramidé du Trias supérieur, tantôt enfin sur des grès rouges permo-triasiques. Il est rarement fossilifère, son épaisseur est parfois considérable mais inégale suivant les points considérés; on l'a confondu avec les dépôts

(¹) Gonzalez Linares, *Anales de la Real soc. esp. de Hist. nat.* (*Actas*, t. V, 1876, p. 23 à 28, 34 à 35 et 83). Même Recueil : *Sobre la existencia del terreno weáldico en la cuenca del Besaya*, t. VII, 1878.

(²) S. Calderon, *Note sur le terrain wealdien du nord de l'Espagne* (*B. S. G. F.*, 3e série, t. XIV, p. 405).

(³) Puig y Sanchez Lozano, *Datos para la geologia de la provincia de Santander* (*Boletin de la Com. del Mapa geol. de España*, t. XV, 1888, p. 271).

triasiques avant les travaux de Linares. Il est immédiatement surmonté par des calcaires zoogènes à faune nettement aptienne.

En dehors des points indiqués par G. Linares j'ai trouvé quelques gisements nouveaux dont voici les plus importants.

San Vicente de la Barquera. — Au sud du village, le long de la ria, dans la tranchée de la route de la station, banc marneux jaunâtre rempli de débris d'*Unio* et de *Paludina* (entre autres *P. elongata* Mantell).

Casar de Periedo. — Près de Cabezon de la Sal et à 35^{km} environ à l'ouest de Santander.

Au sud de la station et du village, sur la rive droite du rio Saja, un banc de marnes rouges (avec paillettes de mica et concrétions ferrugineuses) m'a donné un *Unio* un peu écrasé très voisin de *Unio valdensis* Mantell, et de nombreuses *Paludines*. Un peu plus bas un banc de marnes foncées m'a fourni encore des *Paludines*, de nombreuses *Corbula striatula* Sow. et surtout en grande abondance des échantillons de *Glauconia* (*Melania*) *strombiformis* Schloth. sp. assez bien conservés. Cette dernière espèce est décrite depuis longtemps dans le Wealdien de Hanovre (1); en Espagne (province de Teruel) on la mentionne dans les grès et argiles à lignites d'Utrillas (2); en Portugal M. Choffat l'a citée parmi les fossiles des falaises de Lagosteiros (Arrabida) (3).

Il me paraît intéressant de signaler l'existence de cette *Glauconia* dans le Wealdien de la province de Santander où elle n'était pas connue jusqu'à présent. En dehors des analogies, indiquées déjà par G. Linares et Calderon, avec le Wealdien anglais il en existe une autre, assez remarquable grâce à cette espèce commune, entre la faune saumâtre du Crétacé inférieur du pourtour de la Meseta ibérique (Utrillas, Santander, Arrabida) et celle du Wealdien du Hanovre.

---

(1) Dunker, *Monographie des norddeutschen Wealdenbildung*, Braunschweig, 1846.

(2) de Verneuil et de Lorière, *Description des fossiles du Néocomien supérieur de Utrillas et ses environs*, Le Mans, 1868. L'espèce citée est décrite et figurée sous le nom de *Vicarya strombiformis*, p. 7 et *Pl. I*, *fig.* 4.

(3) Paul Choffat, *Le Crétacique dans l'Arrabida* (*Communicações* du Service géologique du Portugal, t. VI, 1904).

GÉOLOGIE. — *Sur le golfe éocène de Royan.* Note de M. **Edmond Bordage**, présentée par M. H. Douvillé.

Dans une précédente Communication [1] j'ai indiqué le contour approximatif du golfe nummulitique de Royan et j'ai parlé de l'existence probable d'un cap séparant ce golfe de Royan du golfe de Blaye.

Avec M. H. Douvillé, je crois qu'il faut considérer ce cap comme un contrefort du pli anticlinal signalé par Manès dès 1853, pli anticlinal dont l'axe, s'il était tracé sur la carte qui accompagne ma précédente Communication, se dirigerait à peu près parallèlement à la Seudre considérée entre Thaims et son embouchure, et passerait par Brouage (à 6^{km} au nord-est de Marennes), puis aux environs de Saint-Symphorien, de Saint-Romain, de Thézac, de Montpellier, de Gémozac, de Saint-Genis-de-Saintonge, de Jonzac, etc.

L'apparition de ce pli anticlinal remonte, au plus tard, au début de l'Éocène. Peut-être avait-il même commencé à se dessiner, ainsi que son contrefort, avant la fin du Crétacé, après le Campanien. Mais, tout nous porte à supposer que c'est seulement pendant le Tertiaire qu'il a acquis son relief maximum et son étendue définitive.

Quoi qu'il en soit, le contrefort en question devait, dès l'époque yprésienne, séparer nettement le golfe de Royan du golfe de Blaye, et il paraît avoir persisté tant que la mer nummulitique a baigné cette région, c'est-à-dire jusque vers la fin de l'époque bartonienne.

J'ai déjà dit que, si nous connaissions approximativement les deux points d'attache de la base de ce cap, nous ne savions rien relativement à sa longueur et à sa direction exacte. Il est cependant permis de supposer qu'il ne s'avançait pas jusqu'à la ligne représentée actuellement par la rive gauche de l'estuaire, car la présence de dépôts nummulitiques se constate en de nombreux points de cette rive (Valayrac, pointe de Grave, le Verdon, rocher Saint-Nicolas, etc.)

Il est maintenant établi de façon très nette que, sur la rive droite de l'estuaire de la Gironde, les couches éocènes avaient une extension bien plus marquée que celle qu'on leur attribuait jusqu'ici. Elles recouvraient la plus

(1) Séance du 7 avril 1913.

grande partie de la craie maëstrichtienne, qui, elle-même, s'avançait bien plus loin dans les terres que maintenant, jusqu'à Cozes et à Saint-André-de-Lidon, où l'on trouve des silex contenant *Orbitoides media*.

La décalcification accompagnée de silicification n'a pas porté uniquement sur les couches nummulitiques, mais encore sur les couches supérieures du Crétacé, de sorte que les silex, grès siliceux et poudingues éocènes reposent non seulement sur le Maëstrichtien, mais aussi sur le Campanien et sur le Santonien. Ces roches fragmentées contiennent des Foraminifères, et l'étude de ces derniers a permis à M. H. Douvillé de déterminer les étages géologiques auxquels appartenaient les couches qui furent démantelées. On peut distinguer :

1° Silex et grès siliceux dont la coloration varie du roux fauve au brun plus ou moins foncé et qui contiennent *Nummulites planulatus* et *Alveolina oblonga*. Les assises dont ils proviennent représentaient l'Yprésien (Cuisien ou Londinien supérieur). M. Douvillé en avait signalé à Saint-Palais, à Pontaillac, à Royan et à Meschers. J'ai pu en recueillir bien plus avant dans les terres. Ils abondent surtout vers la Traverserie et aux environs de Cozes (Conteneuil, Saint-Cybard et région désignée sur la Carte que j'ai tracée par la lettre P, correspondant à peu près au point qui, sur la Carte d'État-Major, porte la cote 50).

2° Silex et grès siliceux présentant les colorations indiquées pour les précédents, mais étant caractérisés par des Foraminifères différents (*Orbitolites complanatus*, *Alveolina elongata*, *Lituonella Roberti*, Miliolidés). Les couches dont ils proviennent représentaient l'Auversien et peut-être aussi le Lutétien supérieur. M. H. Douvillé en a recueilli à Royan, à Saint-Georges-de-Didonne et à la pointe de Suzac. Je les ai rencontrés jusqu'à Fontbedeau, Chaillevette et Étaules, au Nord, et jusque vers l'entrée du bourg d'Epargnes, à l'Est. Ils abondent vers la Traverserie et aux environs de Cozes (Conteneuil, Saint-Cybard, point P).

3° Grès grossiers siliceux, cimentant parfois de gros galets et passant alors au poudingue; leur coloration est assez variable : le roux fauve, le gris et le brun plus ou moins foncés dominent toutefois. Ils contiennent *Nummulites miocontortus* et correspondent sensiblement au Bartonien. M. Douvillé les avait signalés surtout à Vallières [1] et à Meschers. Je les ai rencontrés bien plus avant dans les terres. Les poudingues abondent, sous forme de blocs énormes appelés *mouillières*, entre Chaillevette, Breuillet et Étaules. On trouve encore quelques-uns de ces blocs, dont chacun pèse plusieurs tonnes, dans le triangle qui a pour sommets Cozes, Semussac et

---

[1] S'il avait examiné attentivement les Foraminifères contenus dans les grès de Saint-Georges et de Vallières, M. Ch. Passerat n'aurait pas émis l'opinion singulière que ces roches fragmentées sont *cénomaniennes* et proviennent du démantèlement de l'anticlinal signalé par Manès [Ch. Passerat, *Les origines de la vallée de la Charente* (*Annales de Géographie*, 15 mai 1911)].

Meschers. La plupart d'entre eux ont été utilisés par l'homme à l'époque néolithique [dolmen de Beauregard, près de Meschers; polissoir du *Moulin rompu*, à $2^{km},5$ à l'ouest de Cozes et au voisinage immédiat de la région P, etc.].

La façon dont ces diverses roches éocènes fragmentées sont réparties à la surface du sol montre que l'extension de la mer nummulitique a atteint son maximum vers la fin de l'Auversien ou au début du Bartonien. C'est à ce maximum d'extension que correspond le tracé de rivage que nous avons donné approximativement pour le golfe de Royan. Au Nord comme à l'Est, la mer yprésienne ne s'avançait pas aussi profondément dans les terres. Vers l'Est, par exemple, elle ne pénétrait pas dans l'anse qui formait entre Cozes et Épargnes une sorte d'éperon mesurant une longueur d'une dizaine de kilomètres et qui ne se dessina que plus tard.

Entre Fontbedeau et Chaillevette, le tracé que j'ai donné offre une série de sinuosités au sujet desquelles il est nécessaire de donner quelques explications. Ces sinuosités délimitent, en cette région, les marais et les alluvions de la Seudre sous lesquels les traces du rivage nummulitique viennent se perdre. Il serait alors impossible de dire si ce rivage dépassait la ligne figurée actuellement par le cours de la Seudre. Il semble bien, toutefois, qu'il n'en ait rien été; car, malgré des recherches attentives et prolongées, je n'ai jamais trouvé de silex ou de grès éocènes sur le petit îlot crétacé de Souhe, qui émerge en quelque sorte au milieu des alluvions, sur la rive droite, à 800^m à peine du cours d'eau. Il est même peu probable que la limite la plus septentrionale de la mer nummulitique ait atteint la ligne en question. Ce qui tend à le démontrer, c'est qu'on ne trouve ni silex, ni grès siliceux éocènes sur l'îlot coniacien de l'Éguille, complètement entouré par les alluvions et situé sur la rive gauche du cours d'eau, à 150^m à peine de ce dernier.

Pour terminer, je dirai que, en ce qui concerne l'*amorce* du golfe éocène de Blaye, j'ai dû me borner à reproduire le tracé donné par A. de Lapparent, tracé qu'on doit supposer se continuer à travers le midi de la France, jusqu'à l'Italie, que la mer nummulitique recouvrait presque entièrement. Au Sud, cette mer, lors de sa plus grande extension, recouvrait non seulement l'espace qui correspond actuellement à la Gironde, à la majeure partie de la Gascogne et au Béarn, mais encore une large portion de l'Espagne. A l'ouest des dunes boisées de la Tremblade et d'Arvert, il est impossible de dire jusqu'où elle s'étendait.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence de charriages importants au Tonkin entre le fleuve Rouge et la rivière Noire.* Note de M. **Jacques Deprat**, présentée par M. Pierre Termier.

Mes dernières recherches dans la région de la rivière Noire m'ont permis de constater des faits nouveaux concernant la tectonique de cette partie du Tonkin. En effet, j'ai observé, entre la rivière Noire et le fleuve Rouge, les traces de mouvements orogéniques d'une grande puissance, marqués par des charriages de forte amplitude.

Une ligne de dislocations bien délimitée traverse les feuilles de Thanh-ba et de Van-yen; suivant cette ligne, et sur une largeur qui n'est pas inférieure à une vingtaine de kilomètres, les terrains paléozoïques sont poussés sur les terrains secondaires et sont en même temps souvent divisés en écailles superposées et reployées sur elles-mêmes. Cette zone de charriages traverse d'abord, avec une direction NO-SE, la partie NO de la feuille de Thanh-ba; puis, dans la région du Phu-yen, qui représente une zone triasique écrasée sous les terrains paléozoïques, la direction générale est NS, pour s'infléchir ensuite de nouveau vers le SE, c'est-à-dire vers la direction ordinaire des plis, jusque dans la région de Su-yut en passant par Van-yen.

Dans l'ensemble des charriages de Thanh-ba et de Van-yen, on se trouve en présence de trois éléments principaux : au NE, la bande des terrains cristallophylliens et granitiques du fleuve Rouge, très fortement plissés, puis, bordant cette masse au SO, une zone de terrains paléozoïques plissés, poussés largement sur les terrains triasiques dont l'ensemble atteint une importance énorme; enfin, dans la région de Tu-nang et du Moc-châu, on sort de la zone des charriages pour entrer dans une zone de plis isoclinaux formés de terrains secondaires enracinés et relevés à la verticale. Plus au SO, vers le Laos, les plissements vont en s'affaiblissant de plus en plus.

Pour donner une idée plus nette de ce que je viens d'exprimer, je décrirai sommairement la succession des terrains rencontrés dans une coupe menée, par exemple, de Chi-chu sur le fleuve Rouge jusque dans la région de Tu-nang, et dans une direction NE-SO, c'est-à-dire recoupant les directions tectoniques.

On traverse d'abord sur 30^{km} les terrains cristallophylliens (Paléozoïque métamorphique) de la vallée du fleuve Rouge, très plissés, passant par endroits à du Gothlandien non modifié; ces terrains sont très reployés; puis après avoir franchi la barre de terrains cristallins entre Thuong-long et Thu-cúc, on aborde une série de terrains

primaires métamorphiques dans la région de Lan-con; sur une largeur de 20^{km}, ces terrains offrent *constamment* un pendage général NE. On traverse d'abord une large bande d'Ordovicien et de Gothlandien très fossilifères, entre Lan-con et Lang-chiet, et que j'ai récemment décrits ici-même. Ces terrains forment une première nappe *sous laquelle s'enfonce* une lame de Dinantien fossilifère plus ou moins réduite, parfois très épaisse comme entre Lang-pap et le Phu-yen.

Cette lame dinantienne chevauche à son tour largement une série triasique dans laquelle les calcaires du Trias moyen sont complètement écrasés et transformés en une brèche prodigieusement fragmentée qui peut, dans certains cas, être telle que les calcaires apparaissent formés de menus morceaux anguleux ne dépassant pas 1^{mm}, tandis qu'ailleurs les fragments sont plus gros. Sous ces calcaires s'enfonce le Ladinien supérieur schisteux à *Proarcestes Balfouri* Opp. et le Carnien à *Tropites* que j'ai signalés récemment. Généralement entre la lame dinantienne précitée et la masse des terrains triasiques s'interpose une épaisse lame de gabbros et de péridotites écrasés, parfois au contraire très réduite. En résumé, la superposition est la suivante : nappe de terrains antécarbonifères où prédominent le Dévonien inférieur, le Gothlandien et l'Ordovicien, chevauchant une lame dinantienne sous laquelle on rencontre une autre lame, formée de mylonites de gabbros et de péridotites, recouvrant elle-même une épaisse masse de terrains triasiques offrant un écrasement intense. Dans la région située entre le Phu-yen et Van-say, la lame de gabbro atteint une grande épaisseur et se montre violemment reployée sur elle-même en grands isoclinaux aigus; on peut recueillir là les plus beaux types de gabbros laminés, depuis le début de l'écrasement jusqu'au schiste; les schistes cuprifères de Van-sai sont le terme le plus exagéré de cet écrasement.

J'ai relevé une autre coupe intéressante dans la région de Muong-thé où une épaisse nappe de terrains primaires chevauche le Trias avec des étirements gigantesques; des étages entiers disparaissent sur l'espace de quelques kilomètres; ainsi le beau synclinal, formé de Gothlandien et de Dévonien inférieur et moyen à faciès américain, que j'ai décrit antérieurement, s'étire complètement au col de Muong-thé, de sorte que l'Ouralien calcaire repose directement sur le Ladinien supérieur à *Myophoria inæquicostata* Klipst. ou la base du Carnien à *Pomarangina*, tandis qu'un peu plus loin, dans la région de Mo-ha, le Dévonien reparaît.

On peut dès à présent prévoir que cette importante zone de chevauchements se poursuivra plus au NO entre le fleuve Rouge et la rivière Noire; les abondantes roches écrasées signalées par moi (*Comptes rendus*, 16 novembre 1909) dans la région de Son-la et de Tu-lé, d'après des échantillons rapportés par le commandant Dussault et le capitaine Zeil, me permettent cette hypothèse. C'est en somme le prolongement de la zone de plissements NE-SO que j'ai signalée au Yunnan et que j'ai appelée *faisceau sino-annamitique*, qui entre au Tonkin par la région de Phong-Tho, en prenant peu à peu la direction NO-SE en Indo-Chine, moulant ainsi complètement l'extrémité de l'élément chinois sud-oriental; mais ici la

chose se complique par la poussée de cet élément ancien sur le géosynclinal tonkinois et, par suite, par l'apparition de charriages qui n'existent pas dans le parcours chinois.

D'autres efforts orogéniques ont succédé aux phénomènes de charriage et, en beaucoup de points, les nappes ont été fortement reployées sur elles-mêmes en plis à charnières très aiguës.

D'après ce que nous savons de la région située au nord-ouest du fleuve Rouge, les plis y sont souvent très accusés, mais sans charriages. Ces derniers paraissent bien cantonnés entre le fleuve Rouge et la rivière Noire. C'est à l'étude détaillée de cette zone, la plus intéressante de l'Indo-Chine par ses grandioses phénomènes tectoniques, que je compte employer mes prochaines explorations.

GÉOLOGIE. — *Contribution à la géologie de l'Attique.* Note de M. **Ph. Négris**, présentée par M. Pierre Termier.

Dans une Note précédente j'ai montré que la formation, dite des *Schistes d'Athènes*, est une série compréhensive dans laquelle j'ai reconnu du Trias et du Crétacé. De nouvelles recherches me permettent d'ajouter aujourd'hui à cette liste le Tithonique. En effet, dans ma Note de juin 1912, je distinguais dans les Schistes d'Athènes un complexe inférieur, comprenant des schistes semi-cristallins et des grès, avec calcaires cristallins ou bréchoïdes : or, les calcaires cristallins sont nettement subordonnés aux schistes et grès (collines à l'ouest du cimetière, et, plus au sud, colline 129,4 de la Carte géologique de M. Lepsius); ces calcaires tantôt gris, tantôt clairs, tiennent *Gyroporella vesiculifera* Gümbel. Les calcaires bréchoïdes, au contraire, reposent en discordance sur la formation précédente, en particulier sur la colline 129,4. Dans ces mêmes calcaires bréchoïdes, j'ai observé, au nord d'Athènes, sur le versant ouest de Tourkovouni, une bélemnite indéterminable et des fragments d'*Ellipsactinia.* Les coraux triasiques existant dans la même brèche, sur le versant nord du Lycabette (Note du 24 juin 1912), doivent donc être considérés comme remaniés, comme cela s'est présenté à l'Acrocorinthe et à l'Othrys (*Compte rendu sommaire des séances de la Soc. géol. de Fr.*, 3 mars 1913).

D'autre part j'ai découvert, dans les schistes micacés de la série cristallophyllienne, soit contre l'Hymette, soit au Laurium, dans des bancs calcaires intercalaires, *Gyroporella vesiculifera* G.; et le même fossile se pré-

sente dans le marbre supérieur (**MO** de M. Lepsius), soit à Kaessariani, soit sur la colline 266,5, au sud de Zoodocchos Pighi. Ainsi les schistes semi-cristallins d'Athènes, avec leurs calcaires cristallins, répondent bien aux schistes micacés de Kaessariani et du Laurium, comme je l'ai dit en 1912, et appartiennent, comme ces derniers, au Trias supérieur avec le marbre supérieur **MO**. Le Trias moyen est représenté par les puissantes assises du marbre inférieur de M. Lepsius, où j'ai trouvé, au mont Hymette, *Isastrœa* Gümbel; les dolomies et les calcaires micacés inférieurs de ce chaînon représentant le Trias inférieur, avec des sections de *Gyroporelles* indéterminables.

On sait d'ailleurs, depuis les découvertes de M. Carl Renz, que le Trias moyen et le Trias inférieur se retrouvent sur le Parnès, en dehors de la série cristallophyllienne. D'autre part, j'ai découvert moi-même le Trias supérieur dans cette région, dans un calcaire bréchoïde jaunâtre, avec *Gyroporella vesiculifera* G., entre Kiourka et Mazi, à l'est de Tatoï.

Quant à la formation C_1 de M. Lepsius, que le savant professeur place dans le Crétacé inférieur, et dans laquelle j'avais trouvé des fossiles triasiques (Note du 17 juin 1912), elle doit être dédoublée en une formation inférieure, appartenant au même horizon que le marbre **MO**, et une formation supérieure, à la base de laquelle on retrouve la brèche tithonique des environs d'Athènes. C'est ainsi que la colline du Kopanas, au nord-ouest de l'Hymette et, plus au sud, la colline 169,9, présentent à la base un calcaire cristallin bréchoïde, reposant sur les schistes micacés de l'Hymette, qui passent ici aux schistes d'Athènes. Ce calcaire, qui tient *G. vesiculifera*, est coloré en rose plus ou moins foncé, devenant quelquefois rutilant, à la suite de l'épanchement ophitique qui imprègne au-dessous les schistes en des points nombreux. Au-dessus apparaît un calcaire jaune carié : c'est la formation que M. Lepsius représente par le symbole $C_1 a$. Ce dernier, qui repose souvent sur les schistes micacés directement, passe à des brèches identiques aux brèches tithoniques d'Athènes (comme sur la rive gauche de l'Éridanos, en face d'Hagios Marcos : les brèches d'Athènes d'ailleurs elles aussi se terminent vers le bas par le même calcaire jaune). On est donc autorisé à considérer les brèches ci-dessus des contreforts de l'Hymette, avec le calcaire qui leur fait suite au-dessus, comme tithoniques aussi : il ne serait pas impossible cependant que ce dernier calcaire passât au Crétacé, bien que les marnes verdâtres du Crétacé inférieur d'Athènes n'apparaissent pas ici.

Au Laurium, le calcaire C_1 de M. Lepsius se termine aussi souvent au-dessous par le calcaire jaune : c'est pourquoi je suis disposé à considérer les fossiles triasiques, que j'ai observés aussi dans le calcaire C_1, à Plaka (Note du 17 juin 1912), encore comme remaniés et d'admettre aussi ici pour ce calcaire un âge tithonique.

La présence des fossiles triasiques remaniés dans les formations tithoniques, en Grèce, n'a pas lieu de nous étonner, à cause de la lacune qui existe, le plus souvent, entre le Trias et le Tithonique. Pendant la transgression tithonique, les surfaces émer-

gées étaient occupées par le Trias, et les fossiles triasiques, détachés par l'érosion, étaient repris dans les dépôts tithoniques.

Après la transgression tithonique, il y eut des mouvements de l'écorce, et les dépôts crétacés recouvrirent en discordance les brèches tithoniques (versant nord du Lycabette). Les dépôts crétacés débutent généralement par des marnes vertes, accompagnées quelquefois de calcaires en plaquettes (Note du 24 juin 1912). Cependant un conglomérat fortement cimenté, au nord-ouest de la colline 169,9, au-dessous du Néogène, serait peut-être la base du Crétacé : il tient des galets de marbre et des fragments anguleux de schiste micacé et de la formation jaune des environs, avec de nombreux fragments de quartz blanc, comme le conglomérat que MM. F. Frech et C. Renz ont observé à la base du Crétacé à l'île de Saint-Georges, près de Salamine.

HYDROLOGIE. — *Sur l'efficacité des puits absorbants.* Note de M. **F. Dienert**, présentée par M. Pierre Termier.

Dans une récente Note à l'Académie (*Comptes rendus*, t. 156, p. 1032) M. Dollfus conteste l'utilité de la méthode des puits absorbants en vue de lutter contre les inondations de Paris.

Nous avons publié en 1911 un rapport très complet sur ce sujet, dont M. Dollfus n'a certainement pas pris connaissance, car il y aurait vu que nous avons toujours indiqué que les eaux engouffrées réapparaîtraient aux sources voisines. Mais il est un argument de notre savant collègue que nous ne pouvons laisser passer et le but de cette Note est de le réfuter.

M. Dollfus dit dans sa Note : « Les forages, en effet, ont donné un passage plus rapide aux eaux supérieures pour les diriger sans détours, à la nappe générale de fond en équilibre avec le fleuve coulant à découvert. Par ce moyen, en amenant plus d'eau en moins de temps au même passage, on précipite l'inondation, au lieu de l'espacer .»

Cette assertion nous paraît contraire aux faits. Dans son Ouvrage classique *La Seine*, Belgrand a montré par de nombreux exemples, sur lesquels il est inutile de revenir, que le débit des rivières, en temps de crue, était d'autant plus important que les terrains des versants étaient moins perméables. Dans les terrains calcaires, c'est-à-dire perméables, les rivières alimentées par des sources ne subissent que des crues relativement faibles au moment des avalaisons.

Or, en perçant de nombreux puits absorbants dans une région imperméable, on facilite l'infiltration des eaux pluviales dans les couches calcaires sous-jacentes. C'est comme si on enlevait la couche argileuse pour mettre à nu la couche perméable. On retombe donc dans le cas d'une vallée alimentée par des eaux de terrains calcaires et dont les crues sont d'importance plus faible que celles se produisant dans les terrains imperméables.

Dans les régions calcaires, comme celles de l'Avre, existent des bétoires constituant de véritables puits absorbants pour les rivières du périmètre des sources.

Les expériences de débit faites en 1901 par le Service des Eaux de la Ville de Paris ont montré que l'augmentation du débit des sources, au moment des crues, était environ égale à la moitié de celui des eaux engouffrées dans les bétoires. Ces puits absorbants ont donc bien diminué l'importance de la crue de l'Avre à l'aval des sources. Nous ne contestons pas que la crue de la rivière, si elle est de moindre importance, dure un temps plus long, mais il faut bien que l'eau emmagasinée s'écoule à la rivière.

Ces arguments suffisent, à notre avis, pour nous autoriser à admettre que, comme les barrages réservoirs, les puits absorbants ralentissent l'écoulement à la rivière des eaux superficielles.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur une relation entre l'absorption atmosphérique et la polarisation de la lumière diffusée par le ciel.* Note de M. **A. Boutaric**, présentée par M. E. Bouty.

L'existence possible d'une relation entre la polarisation atmosphérique et l'intensité de la radiation solaire à la surface du sol a été plusieurs fois signalée ([1]). Ceux qui se sont occupés d'actinométrie ont depuis longtemps remarqué que, pour obtenir de bonnes déterminations de la constante solaire, il fallait opérer sur des journées où la polarisation atmosphérique ait une valeur élevée ([2]). Mais, à ma connaissance, aucune étude systématique n'a été entreprise jusqu'ici. C'est cette lacune que je me suis proposé de combler en mettant à profit les conditions climatériques de Montpellier, particulièrement favorables à ce genre de recherches.

([1]) J. Mascart, *Revue générale des Sciences*, t. XXI, 1910, p. 908.

([2]) A. Crova, *Rapports présentés au Congrès international de Physique de* 1900, t. III, p. 462.

J'ai mesuré, aussi souvent que me l'a permis l'état du ciel : 1° la proportion de lumière polarisée contenue dans la lumière diffusée par le ciel, dans le vertical du Soleil, et à 90°, à l'aide du photopolarimètre de Cornu; 2° l'intensité calorifique aux diverses heures de la journée au moyen du pyrrhéliomètre à compensation de Knut Angström : l'appareil que j'utilisais, étalonné par Angström, a été construit par la maison Rose d'Upsal.

I. J'ai d'abord tracé les courbes horaires des calories, c'est-à-dire les courbes représentant l'intensité calorifique de la radiation solaire aux différentes heures de la journée exprimées en temps solaire vrai [1]. J'ai porté sur un même graphique les courbes obtenues pour des journées peu éloignées. Dans ces conditions, les épaisseurs traversées aux mêmes heures sont très voisines et peuvent être considérées comme identiques. Les courbes permettent donc de comparer les intensités reçues pour des épaisseurs atmosphériques égales et, par suite, de voir qualitativement comment varie le degré de transparence de l'atmosphère pour ces journées rapprochées.

Pour ces comparaisons, je n'ai conservé que les observations faites pendant des journées où le ciel était absolument sans nuage. J'ai pu utiliser ainsi une trentaine de courbes obtenues aux diverses époques de l'année. Le résultat des comparaisons a été constamment le suivant : les courbes des calories s'échelonnent dans l'ordre croissant des polarisations, et cela d'une façon très nette comme on peut s'en rendre compte sur l'exemple suivant, pris au hasard :

18 juin 1912. Polarisation : 0,64.		19 juin 1912. Polarisation : 0,57.		20 juin 1912. Polarisation : 0,41.	
h m	I.	h m	I.	h m	I.
9. 0......	1,246 [2]	8.42......	1,191	8.56......	1,014
10.23......	1,329	9. 4......	1,226	10.28......	1,120
11.10......	1,334	9.54......	1,266	12. 4......	1,080
12. 2......	1,340	11. 4......	1,259	14.40......	1,017
13.15......	1,340	11.56......	1,279	16.29......	0,806
14.18......	1,292	14.14......	1,233		
15.35......	1,204	16. 1......	1,044		
16.43......	1,026	16.51......	0,924		

Parfois la polarisation ne demeure pas constante dans la journée : la courbe des calories se déforme de manière à suivre les variations de la polarisation. J'ai fréquemment observé des cas analogues au suivant : la courbe du 16 juin, d'abord au-dessus

---

[1] J'ai pu connaître l'heure avec une grande précision, grâce aux signaux radiotélégraphiques de la Tour Eiffel, qui sont reçus quotidiennement au laboratoire de M. Meslin, directeur de l'Institut de Physique de l'Université de Montpellier. Une correction très simple permet d'avoir l'heure locale vraie.

[2] En calories-grammes par centimètre carré et par minute.

de celle du 15 juin, passe ensuite au-dessous; corrélativement, la polarisation du 16 juin, d'abord supérieure, devient inférieure à celle du 15 juin.

Une conclusion bien nette se dégage des comparaisons que j'ai effectuées : *le pouvoir absorbant de l'atmosphère, pour des journées rapprochées, varie en sens inverse de la polarisation;* il augmente, par exemple, quand la polarisation diminue.

II. Il eût été intéressant de pouvoir faire porter les comparaisons sur les observations de toute une année. Mais alors le mode de discussion précédent n'est plus applicable. Pour des journées éloignées entre elles de plus d'une semaine, la comparaison directe des courbes horaires n'indique rien de précis : à la même heure les épaisseurs atmosphériques traversées sont trop différentes. J'ai relevé, sur les diverses courbes horaires des calories, les ordonnées qui correspondent aux diverses heures de la journée et calculé les masses atmosphériques traversées à ces mêmes heures, et j'ai représenté les intensités calorifiques en fonction des masses.

D'une façon générale, les courbes obtenues s'échelonnent dans l'ordre croissant des polarisations. Quand les polarisations sont les mêmes, les points se répartissent sur une même courbe, même s'ils appartiennent à des journées éloignées.

III. J'ai utilisé la formule suivante, indiquée par Crova pour représenter dans une même journée la variation de l'intensité I de la radiation en fonction de la masse atmosphérique traversée ε :

$$I = \frac{C}{(1+\varepsilon)^p}.$$

C est ce qu'on appelle la *constante solaire* et p, qui dépend de l'absorption atmosphérique, croît avec elle, et peut lui servir de mesure.

J'ai calculé les valeurs du coefficient p pour les diverses journées. Généralement les valeurs de p augmentent quand la polarisation diminue. Pour des journées où les polarisations sont les mêmes, le coefficient p garde la même valeur.

Conclusion. — Ainsi, pour la majeure partie des radiations reçues du Soleil, l'absorption exercée par l'atmosphère est étroitement liée à la proportion de lumière polarisée contenue dans la lumière diffusée par le ciel. Ce résultat confirme l'idée actuellement admise que l'atmosphère agit surtout par *diffusion* et non par *absorption*. Quand l'atmosphère est parfai-

tement claire, c'est la diffusion par les molécules qui seule intervient (Lord Rayleigh) et la proportion de lumière polarisée dans le ciel est très forte. Lorsqu'il y a des particules beaucoup plus grosses que les molécules (poussières ou vésicules d'eau), la transmission diminue et aussi la proportion de lumière polarisée. Ce n'est que dans des portions limitées du spectre qu'il semble y avoir vraiment absorption : absorption de la vapeur d'eau dans une petite portion de l'infra-rouge, de l'oxygène dans l'extrême rouge, de l'ozone dans l'ultra-violet.

M. Victor Aubert adresse une Note intitulée : *Beynes aux temps préhistoriques.*

(Renvoi à l'examen de M. H. Douvillé.)

M. L. Lacrotte adresse une Note intitulée : *Amortisseur élévateur pour aéroplanes.*

(Renvoi à la Commission d'Aéronautique.)

M. G. Chauveaud adresse une Note intitulée : *Sur l'évolution de l'appareil conducteur dans les* Veronica.

(Renvoi à l'examen de MM. Guignard et Zeiller.)

A 4 heures et demie, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Commission chargée de dresser une liste de candidats pour la deuxième place de Membre non résident, créée par le Décret du 17 mars 1913 présente, par l'organe de M. F. Guyon, Président de l'Académie, la liste suivante :

En première ligne........................	M. Gouy
En deuxième ligne........................	M. Bazin
En troisième ligne, par ordre alphabétique........	MM. Depéret Duhem H. Fabre Gosselet

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 5 heures et demie.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 14 avril 1913.

Notice sur la vie et les travaux de Marcellin Berthelot, par Émile Jungfleisch. (Extr. du *Bulletin de la Société chimique de France;* 1913.) Paris, imp. Paul Dupont; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Royal Society of London. *Recommendations and Reports presented by the Royal Society to the fifth General Assembly of the International Association of Academies.* S. l. n. d.; 1 feuille in-4°.

La faune du Gedinnien inférieur de l'Ardenne, par Maurice Leriche. (*Mém. du Musée roy. d'Hist. nat. de Belgique;* t. VI, année 1912.) Bruxelles; 1 fasc. in-4°.

Mémoires de l'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Lyon; Sciences et Lettres; série III, t. XIII. Paris, J.-B. Baillière; Lyon, A. Rey; 1 vol. in-4°.

Verhandlungen der österreichischen Kommission für die internationale Erdmessung: Protokolle über die am 5 April 1911 und am 19 Oktober 1911 abgehalten Sitzungen. Vienne, 1912; 1 fasc. in-8°.

Teoria de la aberración de la luz, por Julio Garvito. Bogota, 1912; 1 fasc. in-8°.

The centenary of gaz lighting and its historical development, by W.-J. Liberty. (*The Illuminating Engineer;* t. VI, n° 4, avril 1913. Special gaz centenary number.) Londres; 1 fasc. in-8°.

Aviazione, per Guido e Ugo Antoni. Genova, 1912; 1 fasc. in-8°.

Fenomeni geodinamici consecutivi alla eruzione Etnea del settembre 1911, per Annibale Riccò. Modène, 1912; 1 fasc. in-8°.

La regione sismica Calabro-Peloritana, per Carlo de Stefani. (*Memorie della R. Accademia dei Lincei; Classe di Scienze fisiche;* t. IX, 5e série, fasc. 7.) Rome, 1912; 1 fasc. in-4°.

Carta do Estado de S. Paulo, organisada pela Commisão geographica e geologica; $\frac{1}{1000000}$. São-Paulo, 1912; 1 feuille in-plano.

Anuario estadistico de la República mexicana, 1907, formado por la dirección de estadistica à cargo del Dr Antonio Peñafiel; año XV, núm. 15. Mexico, 1912; 1 vol. in-4°.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 AVRIL 1913.

PRÉSIDENCE DE M. F. GUYON.

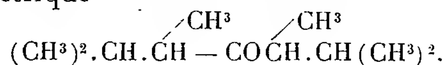
MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

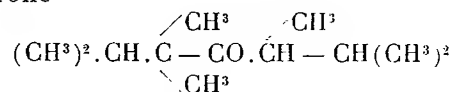
CHIMIE ORGANIQUE. — *Méthylation de l'isovalérone au moyen de l'amidure de sodium et de l'iodure de méthyle. Tétraméthylisovalérone ou hexaméthyl-2.3.3.5.5.6-heptanone-4.* Note de MM. **A. Haller** et **Édouard Bauer**.

En fait de hexacoylacétones $R_1R_2R_3.C.CO.C.R_4R_5.R_6$, nous connaissons actuellement l'hexaméthylacétone [1], l'hexaéthylacétone [2], la pentaméthyléthylacétone [1], la triméthyltriéthylacétone [1], la dibenzyltétraméthylacétone symétrique [1] et la tétraméthyldiéthylacétone [1].

M. Senderens ayant eu l'amabilité de mettre à notre disposition de l'isovalérone préparée par sa méthode, nous l'avons méthylée par l'intermédiaire de l'amidure de sodium et avons obtenu successivement la diméthylisovalérone symétrique



la triméthylisovalérone

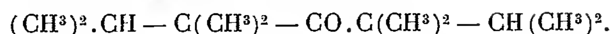


---

[1] A. Haller et Édouard Bauer, *Comptes rendus*, t. 150, p. 584, 661; t. 154, p. 555.

[2] Zerner, *Comptes rendus*, t. 152, p. 1599; *Monatshefte für Chemie*, t. XXXII, p. 677.

et la tétraméthylisovalérone symétrique



$$(CH^3)^2.CH - C(CH^3)^2 - CO.C(CH^3)^2 - CH(CH^3)^2.$$

Au début de la réaction il se forme, sans doute, de la monométhylisovalérone que nous n'avons pas cherché à isoler.

Nous avons opéré sur 70g d'isovalérone, distillant de 162° à 164°, et l'avons traitée, au sein de 350g de benzène, par 10g d'amidure de sodium finement pulvérisé. Le dégagement d'ammoniaque commence faiblement à froid et s'accélère en chauffant. Au bout de 1 heure et demie à 2 heures, l'amidure a presque totalement disparu et le dégagement d'ammoniaque devient insignifiant. On laisse refroidir la dissolution qui est devenue légèrement brune et l'on y ajoute peu à peu 80g d'iodure de méthyle. La réaction est vive et l'iodure de sodium se dépose presque immédiatement. On chauffe encore 1 heure et demie, puis on verse le produit de la réaction dans l'eau. On décante, on sèche et l'on distille. Après avoir éliminé l'éther, on obtient un liquide qui passe de 160° à 205°. Il ne reste qu'un faible résidu goudronneux au fond du ballon.

Le liquide ainsi obtenu fut soumis au même traitement que ci-dessus et l'on isola un produit distillant de 170° à 210° à la pression ordinaire. La portion 170°-190° a été retraitée par de l'amidure et de nouveau méthylée au sein du benzène. On retira un liquide passant de 175° à 210°. A ce moment nous avons arrêté la méthylation et avons soumis le produit à un fractionnement répété avec une colonne Vigreux, sous une pression de 13mm. Nous avons réussi à isoler : 1° un liquide passant de 76° à 78° sous 13mm; 2° un produit de 88° à 89° sous la même pression.

Diméthylisovalérone symétrique ou *tétraméthyl*-2.3.5.6-*heptanone*-4 ou *diméthyldiisopropylacétone symétrique*



$$(CH^3)^2.CH.CH(CH^3).CO.CH(CH^3).CH(CH^3)^2.$$

L'analyse du liquide distillant à 76°-78° sous 13mm correspond à un corps en $C^{11}H^{22}O$ que nous considérons comme une diméthylisovalérone symétrique, les deux méthyles se mettant vraisemblablement symétriquement par rapport au groupement cétonique.

Cette cétone possède une odeur légèrement camphrée et se combine très difficilement avec l'hydroxylamine. Nous l'avons, en effet, chauffée pendant 10 heures avec du chlorure de zinc hydroxylamine et n'avons obtenu que des traces d'oxime.

Triméthylisovalérone ou *pentaméthyl*-2.3.3.5.6-*heptanone*-4 ou *triméthyldiisopropylacétone* $(CH^3)^2.CH\,CH(CH^3)^2.CO.C(CH^3)^2.CH(CH^3)^2$.

C'est la portion passant de 88° à 89° sous 13mm. L'analyse conduit, en effet, à un corps en $C^{12}H^{24}O$.

Liquide mobile, à odeur assez pénétrante et camphrée. Il ne se combine pas à l'hydroxylamine et ne décompose pas l'amidure de sodium quand on le chauffe avec ce composé en milieu benzénique.

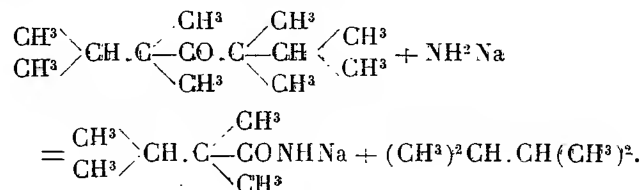
Tétraméthylisovalérone ou *hexaméthyl*-2.3.3.5.5.6-*heptanone*-4 ou *tétraméthyldiisopropylacétone symétrique*


$(CH^3)^2.CH.C(CH^3)^2.CO.C(CH^3)^2.CH.(CH^3)^2$.

Pour introduire le quatrième méthyle dans la triméthylisovalérone on est contraint d'employer le toluène comme dissolvant et de chauffer cette cétone avec la quantité théorique d'amidure pendant plusieurs heures. Quand il ne se dégage plus d'ammoniaque on ajoute l'iodure de méthyle en léger excès et le mélange est chauffé durant 1 heure et demie. Après lavage et distillation, on retire finalement un produit qui bout à 107°-109°, sous 14mm, auquel l'analyse assigne la formule $C^{13}H^{26}O$, correspondant à la tétraméthylisovalérone cherchée.

Liquide mobile, très volatil et à odeur très pénétrante. Il ne fournit ni oxime, ni semicarbazone.

Chauffée à l'ébullition, au sein du toluène ou du xylène, avec de l'amidure de sodium, cette cétone ne subit pas le dédoublement observé sur l'hexaméthylacétone, c'est-à-dire qu'elle ne donne pas de diisopropyle et d'amide isopropyldiméthylacétique que nous nous attendions à obtenir suivant l'équation


$$\begin{array}{l}\genfrac{}{}{0pt}{}{CH^3}{CH^3}\!>\!CH.C(CH^3)_2\!-\!CO.C(CH^3)_2\!-\!CH\!<\!\genfrac{}{}{0pt}{}{CH^3}{CH^3} + NH^2Na \\ = \genfrac{}{}{0pt}{}{CH^3}{CH^3}\!>\!CH.C(CH^3)_2\!-\!CONHNa + (CH^3)^2CH.CH(CH^3)^2.\end{array}$$

Elle se comporte à cet égard comme l'hexaéthylacétone de M. Zerner (¹).

Hexaméthyl-2.3.3.5.5.6-*heptanol*-4 ou alcool tétraméthyldiisopropylisopropylique symétrique $(CH^3)^2.CH.C(CH^3)^2.CHOH.C(CH^3)^2-CH(CH^3)^2$.

On a réduit la cétone de la façon habituelle, au moyen du sodium et de l'alcool absolu. Après dissolution du sodium, on a étendu le liquide d'eau et l'on a épuisé la liqueur avec de l'éther. La solution éthérée, après plusieurs lavages avec de l'eau, a été évaporée et le résidu soumis à un fractionnement dans le vide.

(¹) Zerner, *loc. cit.*

Il passe d'abord quelques gouttes d'un liquide mobile, à odeur de carbure non saturé et décolorant le brome, puis la presque totalité du produit a distillé de 115° à 117° sous 13^{mm}.

L'analyse assigne à ce produit la formule $C^{13}H^{28}O$ qui répond bien à celle du carbinol cherché.

Cet alcool constitue une huile assez épaisse à odeur de bornéol. Traité par l'isocyanate de phényle en solution dans l'éther de pétrole, il fournit au bout de 24 heures un dépôt qui, recristallisé dans l'éther de pétrole, se présente sous la forme de petites aiguilles fondant à 91°-92°.

L'analyse fournit des chiffres correspondant à $C^{20}H^{33}O^{2}N$ qui est bien la formule de la phényluréthane cherchée.

PARASITOLOGIE. — *Contribution à l'étude morphologique du* Toxoplasma gondii *et du* T. cuniculi. Note de MM. **A. Laveran** et **M. Marullaz.**

I. Morphologie du « T. gondii ». — Nous avons pu faire une étude très complète de ce toxoplasme dans de nombreuses préparations provenant de souris, de cobayes et de lapins infectés avec le virus tunisien [1].

Il est facile d'obtenir de bonnes préparations des toxoplasmes avec l'exsudat péritonéal des souris inoculées depuis 3 ou 4 jours. On étale, en couche très mince, une goutte de l'exsudat visqueux sur une lame porte-objet et, avant dessiccation, on plonge la préparation dans l'alcool absolu; on l'y laisse pendant quelques heures; dans ces conditions, les éléments anatomiques et les toxoplasmes sont beaucoup moins déformés que dans les frottis desséchés. La fixation à l'aide des vapeurs d'acide osmique nous a donné de mauvais résultats. Au sortir de l'alcool, on colore par la solution de Giemsa et l'on examine à sec. Pour l'étude du noyau, il est bon de faire des préparations par le procédé de l'hématoxyline au fer.

Les toxoplasmes peuvent être étudiés également dans les frottis de foie, de rate ou de poumons des animaux infectés ou sur les coupes histologiques de ces viscères, coupes que l'on colore soit au Giemsa, soit par le procédé hématéine-éosine.

C. Nicolle, L. Manceaux et Mme Conor ont donné de bonnes descriptions du *Toxoplasma gondii* [2].

---

[1] Nous rappelons que nous devons ce virus à la grande obligeance de M. le Dr Nicolle.

[2] C. Nicolle et L. Manceaux, *Comptes rendus*, 26 octobre 1908 et 8 février 1909; *Arch. de l'Inst. Pasteur de Tunis*, 1909. — C. Nicolle et Marthe Conor, *Soc. de Path. exotique*, 12 mars 1913.

Dans les frottis faits comme nous venons de l'indiquer, les toxoplasmes sont tantôt libres, tantôt à l'état d'inclusion dans des leucocytes ou dans d'autres éléments cellulaires.

La forme des parasites est assez variable. Les toxoplasmes libres ont souvent une forme en croissant (*fig.* 8 et 9); tantôt les extrémités du croissant sont symétriques, tantôt l'une d'elles est plus grosse, moins effilée que l'autre. La forme ovalaire (*fig.* 10) est commune, l'ovale est plus ou moins allongé et l'on rencontre, non rarement, des éléments sphériques (*fig.* 11). Parmi les toxoplasmes inclus dans des éléments cellulaires, c'est la forme ovalaire qui domine d'ordinaire (*fig.* 1, 2, 3, 4).

La longueur moyenne des toxoplasmes est de 5^{μ} (minimum, $2^{\mu},5$; maximum, 6^{μ}); la largeur moyenne est de $2^{\mu},5$ (minimum, 2^{μ}; maximum, 3^{μ}).

Les dimensions varient suivant que l'évolution de l'infection est plus ou moins avancée; au début, lorsque les formes jeunes dominent, on trouve souvent des moyennes inférieures à celles indiquées plus haut; dans une de nos préparations (exsudat péritonéal de souris), la longueur moyenne des toxoplasmes était seulement de $3^{\mu},14$, alors que d'ordinaire elle atteignait 5^{μ}. Par contre, les dimensions des toxoplasmes recueillis sur le cadavre dépassent souvent la moyenne.

Après coloration par la solution de Giemsa, le protoplasme des toxoplasmes prend une teinte bleue plus ou moins foncée; il est homogène ou finement granuleux. Chaque toxoplasme contient un noyau volumineux qui se colore en rose ou en violet et qui paraît constitué par un amas de granulations de chromatine. Le noyau qui est situé, en général, vers la partie moyenne du parasite, se trouve parfois à l'une des extrémités, du côté le moins effilé, quand le toxoplasme est asymétrique.

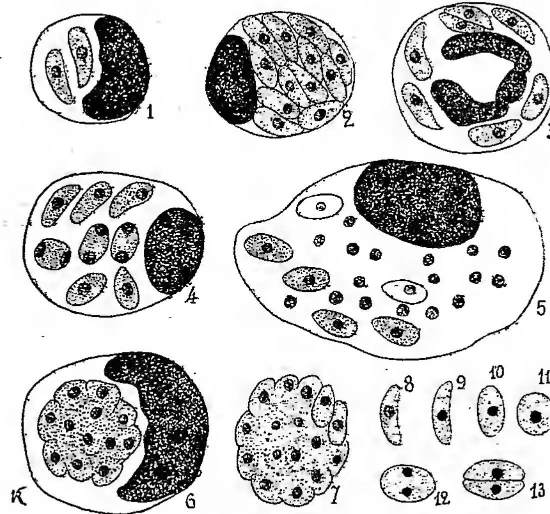
Après coloration par l'hématoxyline au fer, les noyaux des toxoplasmes apparaissent plus compacts, mieux circonscrits (*fig.* 9, 10, 11), qu'après coloration au Giemsa (*fig.* 8).

On ne distingue jamais de karyosome secondaire assimilable à un blépharoplaste ou centrosome.

La multiplication se fait par bipartition. Les éléments qui vont se diviser prennent la forme ovalaire ou la forme sphérique; le noyau se sépare en deux parties (*fig.* 12), puis le protoplasme se divise longitudinalement, en grain de café (*fig.* 13); aussi, est-il fréquent de trouver des toxoplasmes isolés dont un des bords est rectiligne, tandis que l'autre est convexe.

Les toxoplasmes envahissent souvent les leucocytes mononucléaires ou

polynucléaires (*fig.* 1, 2, 3, 4), les cellules endothéliales (péritoine, capillaires de la rate), et les cellules hépatiques. Le nombre des parasites qu'on trouve dans un même élément est très variable; tantôt l'élément ne contient qu'un ou deux toxoplasmes (*fig.* 1), tantôt il en est littéralement bourré (*fig.* 2); le chiffre des parasites inclus peut s'élever à 20 ou 30. Il



Éléments parasitaires, endocellulaires ou libres, dans l'exsudat péritonéal de souris infectées de *Toxoplasma gondii*. Les éléments 1 à 8 ont été colorés par la solution de Giemsa, les éléments 9 à 13 par l'hématoxyline au fer. — 1, mononucléaire contenant 2 toxoplasmes. — 2, mononucléaire rempli de toxoplasmes. — 3, polynucléaire contenant des toxoplasmes. — 4, cellule endothéliale dans laquelle on voit des toxoplasmes, dont 3 en voie de division. — 5, cellule endothéliale dans laquelle on voit des toxoplasmes à contours très nets et des toxoplasmes dont on ne distingue que les noyaux. — 6, cellule endothéliale avec des toxoplasmes agglomérés, à contours peu distincts. — 7, agglomération de toxoplasmes; on distingue les contours de deux des parasites. — 8, 9, toxoplasmes libres, de forme ovalaire ou sphérique. — 12, 13, stades de division par bipartition. Grossissement : 1600 d. environ.

arrive que les toxoplasmes, au lieu d'être disséminés dans le protoplasme, s'agglomèrent et qu'on distingue mal leurs contours, ce qui donne des figures pouvant faire croire à l'existence de formes de multiplication par division multiple du noyau ou schizogonie (*fig.* 6), d'autant plus que ces agrégats de toxoplasmes peuvent devenir libres, après destruction de l'élément anatomique qui les contenait (*fig.* 7). Nous pensons qu'il s'agit là de pseudo-kystes de schizogonie. Jamais on n'observe de grands éléments avec un noyau unique, tels qu'on devrait en rencontrer, au début du processus, s'il y avait une schizogonie vraie; les pseudo-kystes n'ont pas de membrane d'enveloppe; on distingue, sur les bords, des encoches qui indiquent les

points de jonction des différents éléments; enfin, il est rare qu'on ne voie pas, comme sur la figure 7, les contours de quelques-uns des parasites qui constituent les agrégats. La figure 5 montre très nettement que parfois les noyaux des toxoplasmes se colorent seuls; il n'est pas douteux en effet, dans ce cas, que les toxoplasmes typiques, et les noyaux qui paraissent isolés, représentent des éléments de même nature.

II. Morphologie du « T. cuniculi ». — Nous avons pu étudier le toxoplasme du lapin dans des préparations que nous devons à l'obligeance des D[rs] Splendore et Carini, et nous avons constaté que, au point de vue morphologique, *T. cuniculi* présentait la plus grande ressemblance avec *T. gondii*.

Splendore, Carini et Magnaghi indiquent, il est vrai, pour les dimensions du *T. cuniculi*, des chiffres un peu supérieurs à ceux donnés plus haut pour le *T. gondii*. D'après ces observateurs, le toxoplasme du lapin mesurerait de 5^{μ} à 8^{μ} de long (jusqu'à 9^{μ} d'après Carini), sur 2^{μ} à 4^{μ} de large (1). Les parasites de 8^{μ} à 9^{μ} de long doivent être très rares. Dans les préparations de Splendore et de Carini que nous possédons, nous avons mesuré un assez grand nombre de toxoplasmes et nous avons trouvé, comme longueur moyenne 5^{μ}, exactement comme pour le *T. gondii*. Les petites différences qui existent entre les chiffres des dimensions du *T. cuniculi* et du *T. gondii* peuvent d'autant moins être invoquées à l'encontre de l'identification de ces parasites que, comme on l'a vu plus haut, les mensurations faites sur des préparations qui contiennent toutes des *T. gondii* de même souche, mais à des stades variés de leur évolution, peuvent donner des résultats assez différents.

Splendore a avancé que les *T. cuniculi* possédaient souvent un blépharoplaste, et parfois un flagelle, et il a proposé de classer ces parasites parmi les *Binucleata* de Hartmann (2). Ces vues n'ont pas été confirmées; pour notre part, nous n'avons jamais observé de blépharoplastes ni de flagelles chez *T. cuniculi*, non plus que chez *T. gondii*.

A. Splendore, A. Carini et L. Magnaghi admettent que le *T. cuniculi* peut se diviser par bipartition ou par schizogonie, à la suite de la division multiple du karyosome. Carini décrit comme il suit ce second mode de

(1) A. Splendore, *Revista da Soc. scientif. de São Paulo*, t. III, 1908, nos 10-12, et t. IV, 1909, nos 5-7; *Soc. de Path. exotique*, 13 octobre 1909; *Pathologica*, 15 janvier 1913. — A. Carini, *Soc. de Path. exotique*, 13 octobre et 10 novembre 1909, 11 octobre 1911. — L. Magnaghi, *Soc. med. chirurg. di Pavia*, 15 juillet 1912.

(2) A. Splendore, *Soc. scientif. de São Paulo*, 17 février 1910, et *Pathologica*, 15 janvier 1913.

multiplication [1] : « Le parasite destiné à se multiplier de cette façon s'arrondit et augmente de volume, le noyau se raréfie et, à un certain moment, il paraît presque disparaître, et dans cet état le parasite est difficile à déceler, il se confond avec le protoplasme de la cellule qui le contient. La chromatine réapparaît après sous forme de petits blocs régulièrement disposés dans le cytoplasme qui se condense peu à peu autour de chacun des blocs de chromatine, délimitant ainsi de nouveaux individus. Ceux-ci peuvent entrer en division par bipartition et il en résulte ainsi des amas avec un nombre très variable d'individus. »

Dans les préparations de Splendore et de Carini du *T. cuniculi*, de même que dans nos préparations du *T. gondii*, nous n'avons jamais vu d'éléments se rapportant à la première phase de la schizogonie décrite par Carini; quant aux éléments qui ont été attribués par Splendore et Carini à la deuxième phase de la schizogonie, ils nous ont toujours paru pouvoir être interprétés autrement. Le volume très variable des prétendus kystes, les différences si considérables qui existent dans le nombre des toxoplasmes inclus, l'absence d'une membrane d'enveloppe, le fait que quelques toxoplasmes ont presque toujours des contours bien marqués, à côté de ceux dont on ne distingue que les noyaux, tout nous paraît montrer qu'il s'agit de pseudo-formes de schizogonie dues à des agrégats de toxoplasmes.

Il nous paraît très probable que le *T. cuniculi*, comme le *T. gondii*, se multiplie toujours par bipartition.

Nous croyons pouvoir conclure de cette étude que, au point de vue morphologique, il n'existe pas de caractères différentiels assez tranchés entre le *T. cuniculi* et le *T. gondii* pour qu'on soit autorisé à dire qu'il s'agit de deux espèces distinctes.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre non résident.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 51,

M. Gouy	obtient.	41 suffrages
M. Bazin	»	9 »
M. Duhem	»	1 suffrage

(1) *Bull. Soc. Path. exotique*, t. II, 1909, p. 468.

M. **Gouy**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Mécanique, en remplacement de M. *Dwelshauvers-Dery*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 47,

M. Schwoerer obtient	....	46 suffrages
M. Stodola »	....	1 suffrage

M. **Schwoerer**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation, en remplacement de Sir *George Darwin*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 44,

M. Moris Davis obtient	....	41 suffrages
M. Schokalsky »	....	3 »

M. **Moris Davis**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

CORRESPONDANCE.

M. **P. Sabatier**, présenté pour la première place de Membre non résident, remercie l'Académie de l'honneur qu'elle a bien voulu lui faire.

M. **J. Boulvin**, élu Correspondant pour la Section de Mécanique, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *La méthode photographique opératoire par l'automatisme. Application universelle*, par Ch. Gravier. (Présenté par M. Lippmann.)

2° Stanislas Chevalier. *Étude photographique des diamètres polaire et équatorial du Soleil* (1905 à 1910). (Présenté par M. B. Baillaud.)

3° *Flore générale de l'Indo-Chine*, publiée sous la direction de M. H. Lecomte. *Légumineuses : Mimosées et Cœsalpiniées*, par F. Gagnepain. (Présenté par M. L. Mangin.)

4° Un Mémoire de M. J. Drach, *Sur l'intégration logique des équations différentielles*.

MM. **Maurice Leblanc**, **Marage**, **Monteil**, **Maurice d'Ocagne**, **Paul Renard** prient l'Académie de vouloir bien les compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section des Académiciens libres, par le décès de M. *L. Cailletet.*

ASTRONOMIE. — *Résultats de la discussion des observations faites pendant l'éclipse du Soleil des* 16-17 *avril* 1912. Note de M. **Simonin**, présentée par M. Baillaud.

L'éclipse du Soleil des 16-17 avril 1912 a été observée dans un grand nombre de stations, plus particulièrement au voisinage de la ligne centrale. L'installation de la plupart des stations a, d'ailleurs, été simplifiée, puisque les observateurs n'ont pas eu à se préoccuper de la détermination de l'heure, grâce aux signaux radiotélégraphiques émis par la Tour Eiffel ou par Norddeich, avant, pendant et après l'éclipse.

Les contacts extérieurs ou intérieurs ont été observés dans plus de 100 stations réparties depuis le Portugal jusqu'à la Russie.

En outre huit points de la ligne de la centralité, dont cinq en France, ont été déterminés; certains observateurs étaient montés en ballon, tandis que d'autres s'étaient placés au voisinage de la ligne de la centralité ou s'étaient échelonnés sur une perpendiculaire à cette ligne.

Enfin beaucoup d'observations des cordes communes, des angles de position et des cornes ont été effectuées, en même temps que des clichés étaient obtenus pendant les diverses phases de l'éclipse; les mesures de ces clichés ont permis, entre autres résultats, de calculer les irrégularités des bords lunaires.

La discussion des observations des contacts extérieurs a fourni une relation entre les corrections des coordonnées du centre de la Lune et la correction de la demi-somme des diamètres solaire et lunaire exprimée en fonction d'une inconnue qu'il a fallu introduire dans les calculs pour tenir

compte des erreurs systématiques des observations; on sait, en effet, que le premier contact est toujours observé trop tard, tandis que le dernier est observé généralement trop tôt.

L'étude des contacts intérieurs a conduit, de même, à une relation entre les corrections des coordonnées du centre de la Lune et la correction de la demi-différence des diamètres solaire et lunaire.

Les observations faites dans le but de déterminer un point de la ligne de la centralité et les observations de la phase maxima de l'éclipse effectuées dans les stations où l'éclipse était annulaire ont permis de calculer les corrections des deux coordonnées du centre de la Lune avec une grande précision; en effet, dans ces observations et, par suite, dans les équations qui en résultent, les diamètres des deux astres n'interviennent pas.

Enfin la correction de la demi-somme des diamètres solaire et lunaire a été fournie par les observations des cordes et des cornes et par les mesures des clichés; la correction de la demi-différence de ces diamètres a été conclue des observations méridiennes, des observations des contacts intérieurs et des cornes et aussi des mesures des clichés.

Les conclusions de ces recherches sont les suivantes :

L'ascension droite et la déclinaison du centre de la Lune, publiées, pour le 17 avril 1912, par la *Connaissance des Temps* et corrigées d'après Newcomb, doivent être augmentées respectivement de

$$0^s.63 \quad \text{et} \quad 4'',3.$$

Les calculs donnent, pour les valeurs des demi-diamètres solaire et lunaire à la distance moyenne de la Terre, les nombres

$$15' 59'',96 \quad \text{et} \quad 15' 32''.16.$$

Le demi-diamètre solaire ainsi obtenu surpasse de 0",33 la valeur généralement adoptée pour les éclipses; pour le demi-diamètre lunaire, nous avons, à très peu près, la moyenne des deux nombres adoptés dans les calculs de la *Connaissance des Temps*.

Il résulte aussi, de notre discussion, que le premier contact extérieur a été, en moyenne, observé 6 secondes trop tard et le dernier, 3 secondes trop tôt, tandis que les observations des contacts intérieurs ne semblent affectées d'aucune erreur systématique.

Le détail des calculs sera donné dans un Mémoire qui paraîtra prochainement.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les involutions appartenant à une surface de genres zéro et de bigenre un.* Note de M. L. **Godeaux**, présentée par M. Émile Picard.

Soit F une surface de genres $p_a = p_g = 0$, $P_6 = 1$. M. Enriques (¹) a montré qu'une pareille surface possède une courbe bicanonique d'ordre zéro et a les genres $p_a = p_g = P_3 = P_5 = \ldots = 0$, $P_2 = P_4 = P_6 = \ldots = 1$, $p^{(1)} = 1$. Une involution appartenant à la surface F est rationnelle ($p_a = P_2 = 0$) ou a également les genres $p_a = p_g = 0$, $P_6 = 1$. Dans ce dernier cas, l'involution ne possède qu'un nombre fini de coïncidences. Je démontre le théorème suivant :

Une involution I_n, *d'ordre n et de genres* $p_a = p_g = 0$, $P_6 = 1$, *appartenant à une surface* F *de genres* $p_a = p_g = 0$, $P_6 = 1$ *est :*

1° *Cyclique ou composée avec une involution cyclique ;*
2° *Son ordre n n'admet comme facteurs premiers que deux et trois.*

Pour démontrer la première partie de cet énoncé, je considère un système linéaire complet $|c|$, simple et de genre $\pi > 2$. Je suppose de plus que les courbes C ne sont généralement pas hyperelliptiques. Dans ce cas, il résulte des travaux de M. Enriques que $|c|$ a le degré $2\pi - 2$, la dimension $\pi - 1$ et est dépourvu de points-bases. Soient k les courbes qui correspondent aux C dans la transformation $(n-1, n-1)$ déterminée sur F pour I_n. J'établis que le système complet $\{k\}$ (continu) a la dimension $> \pi - 1$. Il résulte alors d'une remarque faite par MM. Enriques et Severi (dans leurs recherches sur les surfaces hyperelliptiques) (²) que si I_n n'est ni cyclique, ni composée avec une involution cyclique, les C passent pour des points de coïncidence de I_n. C'est ce qui n'a pas lieu puisque $|c|$ n'a pas de points-bases.

Pour démontrer la seconde partie de l'énoncé, il suffit de prouver que si l'on a une involution I_p, d'ordre premier p, de genres $p_a = p_g = 0$, $P_6 = 1$, sur F, p est égal à deux ou trois.

Indiquons par T la transformation de F en elle-même, de période p, birationnelle, qui engendre I_p. Considérons, ce qu'il est toujours possible de faire, un système com-

---

(¹) *Memorie della Società italiana delle Scienze*, 1906.
(²) *Acta mathematica*, 1909, t. XXXII et XXXIII.

plet $|A|$, de genre π, simple, sans points-bases, tel que T transforme une courbe A en une courbe A. Formons alors le système $|B| = |pA|$, *incomplet*, dont chaque courbe B est transformée en elle-même par T. Ce système $|B|$ a le degré $2p^2(\pi - 1)$, le genre $p^2(\pi - 1) + 1$ et la dimension $p(\pi - 1)$. Rapportons projectivement les B aux hyperplans d'un espace linéaire à $p(\pi - 1)$ dimensions. On obtient une surface Φ en correspondance $(1, p)$ avec F. Φ est donc une surface représentative de I_p, elle est d'ordre $2p(\pi - 1)$ et ses sections hyperplanes, Γ, sont de genre $p(\pi - 1) + 1$.

Soit P un point de coïncidence sur F, soit P′ le point de diramation correspondant sur Φ. En considérant les A passant par P, on forme des courbes B ayant en P un point p-uple à tangentes variables. Au moyen de la formule de Zeuthen, on établit que si $p = 2$, et seulement dans ce cas, la transformation T laisse invariants les points infiniment voisins de P.

On établit ensuite, toujours au moyen de la formule de Zeuthen, que les B passant pour P ont en ce point un point double dont les tangentes sont fixes si $p > 2$. En P′, Φ a un point double. Les courbes B assujetties à toucher une troisième direction en P, lorsque $p > 2$, acquièrent en ce point un point p-uple. On en déduit $p = 3$.

Si $p = 2$, P′ est un point double conique pour Φ; si $p = 3$, P′ est un point double biplanaire ordinaire.

En comparant les valeurs de l'invariant de Zeuthen-Segre de Φ et de F, on détermine le nombre de points de diramation de Φ. Ce nombre est *quatre* pour $p = 2$, *trois* pour $p = 3$.

Un raisonnement analogue conduit à cet autre théorème : *Si sur une surface de genres* $p_2 = P_4 = 1$, *on a une involution de genres* $p_a = p_g = 0$, $P_6 = 1$ *et d'ordre premier, cet ordre est égal à deux.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la série de Fourier d'une fonction à carré sommable.* Note de M. **G.-H. Hardy** et **J.-E. Littlewood**, présentée par M. Hadamard.

1. Soit $f(u)$ une fonction de u, sommable et possédant la période 2π, et envisageons une valeur ordinaire x de u, c'est-à-dire une valeur de u pour laquelle l'expression

$$s = \frac{1}{2}[f(x+0) + f(x-0)]$$

a une valeur déterminée. On sait, d'après un théorème connu de M. Féjer, que la série de Fourier

$$\frac{1}{2}A_0 + \Sigma A_m = \frac{1}{2}a_0 + \Sigma(a_m \cos mu + b_m \sin mu),$$

de $f(u)$ est sommable pour $u = x$ par les moyennes de Cesarò du premier

ordre, et a la somme s. C'est ce que nous pouvons exprimer en écrivant

$$\lim \frac{(s_0 - s) + (s_1 - s) + \ldots + (s_n - s)}{n+1} = 0$$

où

$$s_m = \frac{1}{2} A_0 + A_1 + \ldots + A_m.$$

2. On doit à MM. Lebesgue, Marcel Riesz et Chapman des généralisations très intéressantes du théorème de M. Féjer. Nous avons trouvé, pour les fonctions à carré sommable, un résultat d'un caractère un peu différent.

I. *Le carré de $f(u)$ étant sommable, on a, pour $u = x$,*

$$\lim \frac{(s_0 - s)^2 + (s_1 - s)^2 + \ldots + (s_n - s)^2}{n+1} = 0,$$

et

$$\lim \frac{|s_0 - s| + |s_1 - s| + \ldots + |s_n - s|}{n+1} = 0.$$

La seconde égalité est un corollaire de la première, comme on le voit immédiatement en faisant application de l'inégalité de Schwarz.

Il est convenable, pour la démonstration de notre théorème, d'envisager, au lieu de s_n, l'expression

$$S_n = \frac{1}{2} A_0 + A_1 + \ldots + A_{m-1} + \frac{1}{2} A_m.$$

Il suffit évidemment de démontrer notre résultat pour S_n; et l'on peut supposer, sans restreindre la généralité, que $s = 0$. Cela étant, on trouve, par l'application des formules de Fourier, les relations

$$S_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(u + x) \frac{1}{2} \cot \frac{1}{2} u \sin nu \, du,$$

$$\sum_1^\infty S_n r^n \sin n\theta = \frac{r(1 - r^2) \sin n\theta}{\pi} \times \int_{-\pi}^{\pi} f(u + x) \frac{\cos^2 \frac{1}{2} u \, du}{[1 - 2r \cos(\theta - u) + r^2][1 - 2r \cos(\theta + u) + r^2]},$$

où $0 < r < 1$. De la dernière relation on peut déduire qu'à tout nombre $\varepsilon > 0$ correspond un nombre $\delta > 0$, tel que

$$\left| \sum_1^\infty S_n r^n \sin n\theta \right| < \varepsilon \left[\sqrt{\left(\frac{1}{1 - r} \right)} + \frac{|\sin \theta|}{1 - 2r^2 \cos 2\theta + r^4} \right],$$

pour $1-\delta<r<1$. Nous intégrons le carré de cette inégalité de $\theta=0$ à $\theta=2\pi$ et nous trouvons

$$\lim(1-r)\sum_{1}^{\infty} S_n^2 r^{2n}=0.$$

et *a fortiori*

$$\lim(1-r)\sum_{1}^{\nu} S_n^2 r^{2n}=0,$$

d'où découle notre théorème, en supposant $r=1-\frac{1}{\nu}$.

3. M. Lebesgue a démontré que le procédé de M. Féjer donne pour somme $f(x)$ en tous les points où la fonction

$$|\varphi(t)|=|f(x+t)+f(x-t)-2f(x)|$$

est pour $t=0$ la dérivée de son intégrale indéfinie, ce qui a lieu *presque partout.* Nous avons démontré également le théorème suivant :

II. *Les résultats du théorème I subsistent, avec $s=f(x)$, presque partout.*

4. Il est intéressant de vérifier l'exactitude de nos résultats sur les exemples qu'a donnés M. Féjer, de fonctions continues qui possèdent des séries de Fourier divergentes.

On pourrait supposer que les relations du théorème I sont des conséquences immédiates de la sommabilité de la série ΣA_m et de la convergence de la série ΣA_m^2. Mais M. Fekete a démontré, par des exemples, que cela n'a nullement lieu. En effet la série

$$\Sigma \sin(\log n)^2 \frac{\log n}{n}$$

satisfait à ces deux conditions sans vérifier les relations de notre théorème. M. Fekete nous a obligeamment communiqué son analyse intéressante sur ce point.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur le mouvement des milieux visqueux et les quasi-ondes.* Note de M. **Louis Roy**, présentée par M. Boussinesq.

Dans une précédente Note (21 avril 1913), nous avons formé l'intégrale relative à un milieu indéfini de l'équation

$$A\frac{\partial^3\varphi}{\partial x^2\,\partial t}+a^2\frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2}-\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2}=0. \tag{1}$$

Nous allons rechercher ce que devient cette intégrale, lorsque le coefficient de viscosité $\Lambda = 2a^2\lambda$ est très petit; il faut pour cela, obtenir les valeurs asymptotiques des fonctions précédemment désignées par $\mathcal{F}(y,\tau)$ et $\mathcal{G}(y,\tau)$, lorsque $\tau = \frac{t}{\lambda}$ est très grand. En partant des expressions de ces fonctions que nous avons données sous forme d'intégrales définies, on peut démontrer qu'on a

$$\mathcal{F}(y,\tau) \sim \frac{1}{\lambda}\int_0^\infty e^{-\theta\alpha^2}(\alpha \sin\alpha\tau + \cos\alpha\tau)\cos\alpha y \, d\alpha,$$

$$\mathcal{G}(y,\tau) \sim \int_0^\infty e^{-\theta'\alpha^2}\frac{\sin\alpha\tau}{\alpha}\cos\alpha y \, d\alpha,$$

les signes $\sim$ indiquant des égalités asymptotiques où les termes négligés sont, quel que soit y, au plus de l'ordre de $\frac{\tau}{\lambda\theta^2} = \frac{16a^4\lambda^2 t}{(\eta + 4a^2\lambda t)^2}$ pour la première, et de l'ordre de $\frac{\tau}{\sqrt{\theta'^3}} = \frac{8a^3\lambda^2 t}{\sqrt{(\eta' + 4a^2\lambda t)^3}}$ pour la deuxième. Or, ces dernières intégrales sont faciles à calculer ou se ramènent à une fonction connue et l'on trouve, en revenant aux variables primitives,

$$\mathcal{F}\left(\frac{x-\xi}{a\lambda}, \frac{t}{\lambda}\right) \sim \frac{a\sqrt{\pi}}{\sqrt{\eta + 4a^2\lambda t}}\left[\frac{1}{2} + \frac{a\lambda}{\eta + 4a^2\lambda t}(x - \xi + at)\right] e^{-\frac{(x-\xi+at)^2}{\eta+4a^2\lambda t}}$$
$$+ \frac{a\sqrt{\pi}}{\sqrt{\eta + 4a^2\lambda t}}\left[\frac{1}{2} - \frac{a\lambda}{\eta + 4a^2\lambda t}(x - \xi + at)\right] e^{-\frac{(x-\xi-at)^2}{\eta+4a^2\lambda t}},$$

$$\mathcal{G}\left(\frac{x-\xi}{a\lambda}, \frac{t}{\lambda}\right) \sim \frac{\sqrt{\pi}}{2}\int_{\frac{x-\xi-at}{\sqrt{\eta'+4a^2\lambda t}}}^{\frac{x-\xi+at}{\sqrt{\eta'+4a^2\lambda t}}} e^{-\alpha^2}\, d\alpha.$$

Dès lors, après changements de variables, l'égalité (4) ([1]) nous donne comme expression asymptotique de l'intégrale que nous représenterons par $\varphi(x, t, \Lambda)$

$$(2) \quad \varphi(x,t,\Lambda) \sim \frac{1}{2\sqrt{\pi}}\int_{-\infty}^{\infty}\left[f(x + at + \alpha\sqrt{\eta + 2\Lambda t})\left(1 - \frac{\Lambda\alpha}{a\sqrt{\eta + 2\Lambda t}}\right)\right.$$
$$\left. + f(x - at + \alpha\sqrt{\eta + 2\Lambda t})\left(1 + \frac{\Lambda\alpha}{a\sqrt{\eta + 2\Lambda t}}\right)\right] e^{-\alpha^2}\, d\alpha$$
$$+ \frac{1}{2a\sqrt{\pi}}\int_{x-at}^{x+at} d\xi \int_{-\infty}^{\infty} g(\xi + \alpha\sqrt{\eta' + 2\Lambda t})\, e^{-\alpha^2}\, d\alpha,$$

égalité où les termes négligés sont au plus de l'ordre Λ^2.

([1]) *Comptes rendus*, t. 156, 21 avril 1913, p. 1221.

Si, dans l'expression précédente, nous faisons tendre Λ vers zéro, nous voyons qu'on a

$$\lim_{\Lambda=0} \varphi(x, t, \Lambda) = \varphi(x, t, 0),$$

$\varphi(x, t, 0)$ étant l'intégrale, relative aux mêmes conditions initiales, de l'équation (1) où l'on fait $\Lambda = 0$. Ainsi, l'intégrale de l'équation (1) est continue par rapport à Λ pour $\Lambda = 0$.

Il résulte de cette continuité que le phénomène diffère très peu, lorsque la viscosité est très petite, de ce qu'il serait si la viscosité était nulle; il y a donc quasi-propagation. Précisons ceci sur un cas particulier très simple, qui nous permettra de comparer aisément ce qui se passe, pour Λ très petit, à ce qui a lieu pour $\Lambda = 0$.

Supposons qu'on ait $g(x) = 0$, que η soit très petit et que la fonction $f(x)$ soit nulle en dehors d'une région infiniment petite entourant l'origine; si nous posons $A = \int_{-\infty}^{\infty} f(\xi)\, d\xi$, la formule (2) nous donnera

$$(3) \quad \varphi(x, t, \Lambda) \sim \frac{A}{2\sqrt{\pi(\eta + 2\Lambda t)}} \times \left\{ \left[1 + \Lambda \frac{x + at}{a(\eta + 2\Lambda t)}\right] e^{-\frac{(x+at)^2}{\eta + 2\Lambda t}} + \left[1 - \Lambda \frac{x - at}{a(\eta + 2\Lambda t)}\right] e^{-\frac{(x-at)^2}{\eta + 2\Lambda t}} \right\}.$$

On voit ainsi que le mouvement résulte de la superposition de deux quasi-ondes, qui se propagent en sens inverse avec la vitesse a en diminuant d'amplitude et en s'étalant progressivement sur l'axe des x. Si nous portons le déplacement φ en ordonnée, chaque quasi-onde est dissymétrique par rapport à l'ordonnée menée au point $|x| = at$; ceci tient à la présence des petits termes où Λ est en facteur. Chacun d'eux renforce la quasi-onde correspondante pour $|x| < at$ et l'affaiblit pour $|x| > at$, de sorte que le sommet de chaque quasi-onde se trouve reporté légèrement en arrière du point $|x| = at$, par rapport au sens de sa propagation.

Tant que t reste petit, $\varphi(x, t, \Lambda)$ diffère peu de $\varphi(x, t, 0)$, et, comme la quasi-onde initiale $\frac{A}{\sqrt{\pi\eta}} e^{-\frac{x^2}{\eta}}$ est en réalité assez bien limitée de part et d'autre par suite de la petitesse de η, il s'ensuit que le phénomène de propagation est assez net à son début. Mais, dès que $2\Lambda t$ vient à l'emporter notablement sur η, l'épaisseur des deux quasi-ondes augmente et devient de plus en plus mal définie, de sorte que le phénomène de propagation finit par devenir très vague.

Si, maintenant, nous permutions les hypothèses faites sur les fonctions $f(x)$ et $g(x)$, nous verrions que le phénomène de propagation est bien moins net que dans le cas précédent. Dans le cas général, où il y a à l'instant initial à la fois déplacement et vitesse, c'est donc surtout la perturbation due à la vitesse initiale qui donne du flou.

ÉLECTRICITÉ. — *Application des galvanomètres à cadre extra-sensibles aux relevés géodésiques de haute précision.* Note [1] de M. **Albert Turpain.**

La méthode que j'ai indiquée pour l'inscription des télégrammes hertziens permet, ainsi que je l'ai montré (voir *Comptes rendus*, février et avril 1913), de situer le 1er ou le 180e top émis chaque jour par la Tour Eiffel, vers 23^h30^m, dans la seconde d'un chronomètre avec une précision qui peut atteindre ou dépasser $\frac{1}{100}$ de seconde.

En défilant $1^{dm},6$ de film à la seconde, il suffit d'effectuer le relevé du top au millimètre près pour obtenir le $\frac{1}{100}$ de seconde. C'est ainsi qu'en combinant la lecture du film obtenu le 15 mars 1913 au renseignement fourni par l'Observatoire le même jour vers 23^h50^m, j'ai pu relever que le chronomètre de Fénon, que possède le Laboratoire de la Faculté des Sciences de Poitiers, marquait au moment du premier top : $23^h29^m30^s,772$. L'Observatoire ayant transmis $23^h29^m59^s,63$, le chronomètre retardait donc de $28^s,858$.

Cette méthode de situation du top dans la seconde est bien plus précise que la méthode des coïncidences.

Tout d'abord l'inscription des tops et des secondes n'astreint pas à la détermination d'une coïncidence auditive forcément fugace et qui ne laisse pas de trace. On peut donc préciser le souvenir et empêcher l'erreur. En lisant à loisir le film obtenu (voir figure 2 des *Comptes rendus*, mars 1913), on peut appliquer la méthode actuelle, celle des coïncidences, d'une manière plus certaine et plus sûre. Mais point n'est besoin même de rechercher des coïncidences, au sujet de la situation exacte desquelles on hésite d'ailleurs souvent. Il suffirait que l'Observatoire inscrive, suivant mon procédé, un seul top dans la seconde du garde-temps et qu'il relève l'heure corrigée de son garde-temps. Ce serait cette heure qu'il télégraphierait aux observateurs qui auraient eux-mêmes, par la méthode que je préconise, situé le même top dans la seconde de leur chronomètre. Au besoin, dans la pratique, un certain nombre de tops, cinq ou six au plus, seraient émis toutes les minutes ou toutes les deux minutes, cela trois fois, et le télégramme hertzien des tops indiquerait l'heure exacte du premier top de chacune des trois séries.

---

[1] Reçue dans la séance du 7 avril 1913.

Avant d'employer la méthode des coïncidences telle qu'elle est utilisée à l'heure actuelle *aux relevés géodésiques de précision*, il y a lieu, je crois, de vérifier l'équirépartition dans le temps des 180 tops actuellement émis. Les tops sont produits en effet par le mouvement d'un pendule dont on ne peut suspecter la régularité. Mais ce pendule met en mouvement tous les 0,98 de seconde tout un dispositif d'émissions d'ondes hertziennes : relais fermant un circuit qui comprend un interrupteur à jet de mercure, lequel ferme un circuit comprenant capacités, selfs et éclateur. Est-on bien sûr que les émissions des tops se distribuent dans la durée exactement tous les 0,98 de seconde comme les battements du pendule qui en commande l'émission? N'y a-t-il pas entre battements et émissions des tops un retard qui varie d'un top à l'autre? Et si ce retard existe, est-il négligeable? Il est capital et essentiel, à mon sens, de faire tout d'abord cette vérification expérimentale. Et c'est à quoi j'utilise actuellement la méthode que je viens de mettre au point.

Cette méthode me paraît pouvoir être utilisée d'une manière plus précise que celle des coïncidences, à relier les réseaux géodésiques intercontinentaux, le réseau géodésique européen et le réseau américain, par exemple, cela en mettant à profit la portée énorme des signaux hertziens de la Tour Eiffel, laquelle atteint 6300^{km}. Aussi me suis-je astreint à Poitiers à donner à mes dispositifs une sensibilité très grande, utilisant, *à dessein*, une antenne unifilaire et de faible hauteur. Bien qu'à 300^{km} seulement de Paris, je n'enregistre et n'inscris que des courants d'antenne ne dépassant pas $\frac{8}{100}$ à $\frac{10}{100}$ de microampère, si bien que les galvanomètres que je préconise et que j'ai construits pourraient aisément, adaptés à des antennes à rideau, capter et enregistrer les signaux de la Tour à 4^{km} et 5000^{km} de Paris.

Deux choix extrêmes peuvent être faits en ce qui concerne lesdits galvanomètres :

1° Utiliser un cadre (type A) d'un faible nombre de tours, de petite surface ($20^{mm} \times 12^{mm}$) qui permet d'obtenir un système oscillant rapidement (50 à 100 oscillations par seconde) puisqu'il ne pèse qu'une fraction de gramme, mais, par contre, ne pouvant déceler, avec un champ magnétique de 1000 à 1500 gauss, que 200 ou au plus 100 microampères;

2° Utiliser un cadre d'un nombre assez notable de tours (1200, type D), de surface plus grande ($70^{mm} \times 12^{mm}$), qui ne fait que 10 à 20 oscillations par seconde, pèse $1^g,2$ ou $1^g,5$, mais par contre permet de déceler et d'inscrire le $\frac{1}{100}$ de microampère dans un champ magnétique de 3000 gauss.

Après avoir essayé ces deux types extrêmes de cadre, j'ai donné tout d'abord la préférence au second type de cadre.

Causes d'erreur de la méthode préconisée. — On en peut relever trois : 1° *Constante de temps du galvanomètre;* 2° *Inconstance du mouvement de rotation du dérouleur de film;* 3° *Dilatation du film ou du papier photographique au cours des opérations de développement.*

Le fait que le galvanomètre met un certain temps à effectuer une oscillation et, par suite, à situer le top et la seconde sur la bande n'implique-t-il pas un retard d'inscription? Il est indifférent qu'un certain retard affecte l'inscription du top puisqu'il affecte d'une manière identique l'inscription de la seconde.

Et cette remarque vaut contre les deux autres causes d'erreur qu'on pourrait soulever. Il suffit que le dérouleur ait une vitesse constante pendant quelques secondes.

Le choix des conditions optima de sensibilité des galvanomètres doit être guidé par les considérations suivantes : Le cadre mobile choisi constitue un moteur que l'énergie de l'onde hertzienne reçue met en mouvement. On doit donc utiliser le plus possible de cette énergie à faire tourner le cadre. D'où inutilité, nuisance même, à accroître la résistance du circuit extérieur au cadre. On doit donc réaliser l'apériodicité critique en agissant sur le champ et non sur la résistance du circuit. C'est ce qui m'a amené à réaliser des champs de 1000 à 1200 gauss (champ qu'on peut obtenir avec des aimants permanents) pour les cadres du type A ($20^{mm} \times 12^{mm}$; poids, $0^{g},25$) et des champs de 3000 gauss environ pour ceux du type D ($72^{mm} \times 11^{mm}$; poids, $1^{g},2$).

PHYSIQUE. — *Rectification des tracés déformés par les mouvements circulaires du style : l'orthophotographie.* Note de M. **J.-M. Lahy**, présentée par M. d'Arsonval.

I. *Principe.* — Pour la rectification, chaque point P du tracé doit être supposé transporté en un point P' voisin.

La ligne PP' représente, en grandeur et en direction, l'erreur de position du point P et, par suite, la correction qui doit y être apportée.

Nous nous proposons de transporter, effectivement et mécaniquement, tous les P en P'.

Remarquons d'abord que tous les points de même ordonnée (y) sont affectés de la même erreur, erreur variant avec l'ordonnée suivant une loi qui dépend des dispositions adoptées pour l'inscription.

Nous sommes donc amenés à rectifier simultanément la position de tous les points de même ordonnée.

Supposons à cet effet le tracé fixé sur un cadre ABCD (*fig.* 1). Ce cadre devra être, à chaque instant de la correction, déplacé parallèlement à lui-même d'une quantité égale à l'erreur de l'ordonnée considérée à cet instant : c'est l'objet de la partie mécanique de l'appareil, que nous décrirons ultérieurement.

Chacun des points considérés étant ainsi placé dans la position voulue, il s'agit de l'y fixer. On y parviendra en photographiant ces points, et eux seuls. L'éclairage du tracé devra donc être linéaire, la partie éclairée à chaque instant ne comprenant que les points de même ordonnée (y). Les dispositions nécessaires à cet effet seront décrites au sujet de la partie optique.

II. *Partie mécanique* (*fig.* 1 et 2). — Nous supposerons que l'exploration du tracé, aux fins de correction, commence par les points d'ordonnée $y = 0$. A cet instant, toutes les pièces sont au début de leur course.

Le tableau ABCD est maintenu dans le double cadre entretoisé EFGH par des guides en nombre suffisant LMNOPQRS et par trois coins IJK mobiles dans un sens perpendiculaire à son plan.

Ces coins sont convenablement profilés et amovibles, de façon à permettre une rectification quelconque.

Les coins I et J solidarisés par la traverse Z (*fig.* 2 et 3) ont des profils parallèles, déterminés par la projection des corrections successives sur l'axe des x.

Le coin K, sur lequel le tableau ABCD est appuyé par un ressort U, est profilé de même d'après la partie de la correction parallèle à l'axe des y.

Les coins I, J d'une part, K de l'autre, sont mus par un bras T dans la glissière (*oo*) duquel s'engagent leurs traverses respectives Z et ζ.

Le bras T, à son tour, est solidaire de l'axe V mis en rotation par la roue W et la vis sans fin X.

III. *Partie optique* (*fig.* 4 et 5). — Une source de lumière *ll'* placée à une certaine distance en avant du tableau et à un niveau un peu supérieur nous fournira l'éclairage linéaire variable requis. Pour cela le diaphragme rectangulaire *tt'* délimite une plage d'éclairement sensiblement uniforme dont la ligne focale conjuguée par rapport à un système de deux lentilles cylindriques forme sur ABCD (*fig.* 1) une parallèle à l'axe des x. Des deux lentilles en question l'une, divergente, produit l'étalement horizontal du faisceau lumineux, l'autre, convergente, le concentre dans le sens vertical, tandis que l'écran *ee* empêche l'arrivée de radiations parasites sur le tableau.

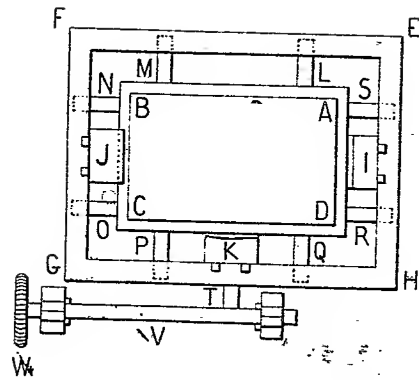


Fig. 1

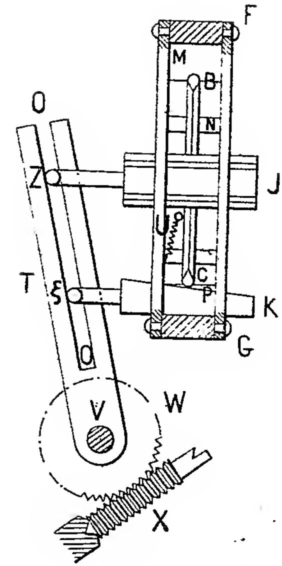


Fig. 2

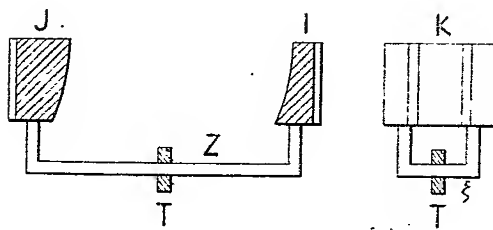


Fig. 3

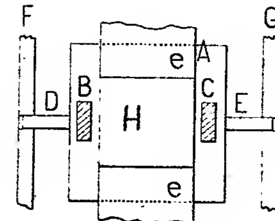


Fig. 4

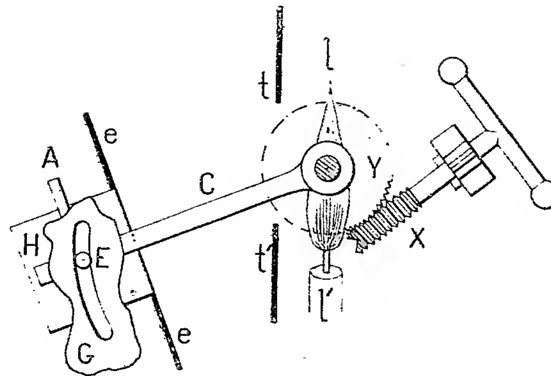


Fig. 5

Le déplacement de la ligne focale doit être connexe de celui du tableau; ce résultat est obtenu en rendant le système optique solidaire d'un axe rompu Y, parallèle à l'axe V et mené par la même vis sans fin X.

Enfin, malgré les différences entre les distances des divers points du tableau à la source lumineuse, la ligne focale doit toujours être sur ce tableau même. Il suffit pour cela de permettre à la monture H des lentilles un glissement sur le double bras BC qui la porte, en réglant ce mouvement par des gouttières pratiquées dans les deux joues FG.

Ces gouttières, au tracé convenablement excentré par rapport à Y, maintiennent en effet les goupilles DE, solidaires du cadre A de la monture H.

D'autre part, un objectif photographique placé en face du cadre ABCD et au-dessous de la lanterne donne une épreuve dûment rectifiée du tracé, pourvu qu'on imprime à la vis sans fin X un mouvement régulier à partir de la position initiale indiquée.

PHYSIQUE. — *Sur l'absorption du néon par les électrodes des tubes luminescents.* Note de M. **Georges Claude**, présentée par M. d'Arsonval.

J'ai montré, dans une précédente Note (¹), avec quelle facilité inespérée j'ai pu résoudre le problème de la durée des tubes luminescents au néon sans aucun artifice, sans recharges périodiques ou non, simplement par l'emploi d'une densité de courant très faible aux électrodes, dont la surface atteint à cet effet 4 ou 5^{dm^2} par ampère.

A l'heure actuelle, mes espérances du début sont pleinement confirmées et je puis citer, par exemple, un tube de 20^m de long qui, sans manifester encore aucun signe de faiblesse, a fonctionné déjà pendant près de 2000 heures.

Si ce fait du ralentissement de l'absorption du néon par diminution de la densité de courant aux électrodes m'a été très précieux, il n'aurait cependant pas été suffisant si le néon, outre le fait que sa cohésion diélectrique si faible permet l'emploi dans les tubes d'une pression, donc d'une réserve de gaz dix fois plus grande qu'avec les gaz usuels, n'opposait une inertie spécifique remarquable à l'entraînement par la volatilisation des électrodes.

J'ai fait à ce sujet quelques expériences fort nettes, et, tout d'abord, je rappellerai un fait que j'ai déjà signalé (²). Si un tube luminescent est

(¹) *Comptes rendus*, 22 mai 1911.
(²) *Comptes rendus*, 16 octobre 1911.

chargé et *formé* avec du néon contenant un peu d'hélium, de l'ordre de 1 pour 100, cet hélium, dont les raies sont visibles aux électrodes, disparaît assez rapidement pendant le fonctionnement du tube, et on le retrouve, en plus forte proportion que le néon, dans les gaz dégagés du métal volatilisé.

J'ai essayé de voir si, inversement, une faible proportion de néon contenue dans une atmosphère luminescente d'hélium pourrait être éliminée rapidement. Cet essai était facile à suivre spectroscopiquement, car ce cas du mélange de néon et d'hélium est un des rares où une faible proportion de néon dans un mélange peut apparaître dans le spectre. Or le résultat a été négatif.

Dans mon essai, l'hélium renfermait environ 1 pour 100 de néon; la pression initiale de l'atmosphère du tube, après une formation par le charbon refroidi qui a encore dû diminuer la teneur en néon, était de $2^{mm},2$ de mercure. Cette pression a progressivement baissé, pendant le fonctionnement du tube, à $1^{mm},3$, ce qui dénotait une absorption d'hélium considérable. Or, les raies du néon, bien visibles, sont restées jusqu'à l'arrêt presque aussi nettes qu'au début.

J'ai fait d'autres essais avec du néon contenant quelques centièmes d'azote, chargé dans le tube sous une pression de 1 à 2^{mm}, après purge préalable par l'action prolongée de la pompe à vide et du courant.

Ici, aucune formation par le charbon n'est employée : le tube est scellé aussitôt après la charge de gaz et l'on fait passer dans ce tube (45^{mm} de diamètre et 6^{m} de long, électrodes de 6^{dm^2}) un courant modéré de 0,3 à 0,5 ampère; la différence de potentiel aux bornes, dans ces conditions, est très élevée (3000 volts environ contre 800 avec le néon pur). Tout d'abord, la lumière est formée des radiations de l'azote, parfois de l'hydrogène, à l'exclusion complète de celles du néon. Après quelques heures, une lueur rosée apparaît, en même temps que les raies du néon naissent dans le spectre et que la différence de potentiel aux bornes s'effondre. Dès ce moment, la lumière rouge orangée du néon envahit petit à petit le tube et devient bientôt seule visible.

Ainsi, l'azote est absorbé en quelques heures, tandis que le néon, en proportion bien plus grande il est vrai, subsistera pendant un ou deux milliers d'heures. L'azote, comme l'hélium, est donc bien plus absorbable que le néon et l'on conçoit que le dispositif de Moore lui soit indispensable.

Le fait que je signale ici est assez net pour que je puisse *former* couramment des tubes courts par ce procédé, qui exige par contre le passage du courant pendant bien plus de temps et l'emploi de différences de poten-

tiel initiales bien plus élevées que la formation par le charbon refroidi (¹).

Une autre constatation du même ordre est la suivante. Le tube de l'essai précédent ayant été débarrassé d'azote, comme il vient d'être dit, par son fonctionnement même, si on le soumet aussitôt à un courant très supérieur à son courant de régime, disons 1,7 ampère, très généralement, le tube ainsi poussé se *démolit :* il s'emplit d'une belle *lumière bleue* caractérisée par l'apparition d'un spectre continu sur lequel se détachent une forte raie verte 516,5, d'autres raies moins fortes : 563,4; 558,5; 554; 549,7; 513; 509,8; 505,5, et une série de raies violettes dont les principales sont : 473,9; 471,7; 469,9; en même temps apparaissent les raies de l'hydrogène. Cette apparence est d'ailleurs très fugace : elle est suivie de l'effacement des raies et de la production d'une lumière blanchâtre. Ce phénomène se produit pendant la formation aux régimes élevés de presque tous mes tubes, *quelles que soient les électrodes :* charbon, fer, cuivre, aluminium; il paraît dû à des hydrocarbures, dont le spectre présente cependant ici une apparence spéciale, puisqu'il comporte des raies nettes correspondant à l'arête vive des bandes dégradées classiques.

Or, si, au lieu de pousser le tube presque de suite après sa formation, on le maintient pendant de longues heures à régime modéré, le spectre du néon acquiert de plus en plus de stabilité et ces spectres d'impuretés aux régimes élevés finissent par n'apparaître que très difficilement, sans doute parce que ces impuretés sont absorbées définitivement à l'exclusion du néon. Et c'est pour cette raison qu'un tube, mal formé pour une raison quelconque, s'améliore toujours en service, en ce sens que le spectre du néon y devient de plus en plus pur et de plus en plus stable.

Tous ces faits montrent que la résistance du néon à l'absorption par les électrodes constitue une véritable caractéristique de ce corps. Cette caractéristique est très intéressante au point de vue pratique, puisque je lui dois le succès de mes tubes sans soupapes, qui offrent l'unique exemple actuellement connu de tubes à décharge électrique fonctionnant presque indéfiniment sans aucune rentrée; elle est d'autant plus remarquable que j'ai signalé le fait qu'avec le néon, l'aptitude à la volatilisation de certains métaux se trouve extrêmement augmentée, à telles enseignes qu'un tube de Plucker à électrodes en platine renfermant du néon est platinisé après quelques instants de fonctionnement (²).

(¹) *Comptes rendus,* 12 décembre 1910.
(²) *Comptes rendus,* 22 mai 1911.

Avec sa très faible cohésion diélectrique, avec sa grande aptitude à provoquer la volatilisation cathodique de certains métaux, avec la faculté qu'il possède, par contre, d'être à peine engagé dans cette volatilisation, le néon apparaît comme doté d'une série de propriétés qui en font à coup sûr un corps des plus intéressants.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la densité des sels doubles. Cas des chlorures de cuivre et d'ammonium.* Note de MM. **Ed. Chauvenet** et **G. Urbain**, présentée par M. Haller.

Aucune relation n'a encore été établie, à notre connaissance, entre la constitution des sels et leur densité à l'état solide. Des recherches sur les chlorures cuivriques nous ont conduit à aborder cette question. Nous nous étions proposé d'abord de déterminer s'il existe une combinaison de formule $CuCl^2.2NH^4Cl$, ou bien si l'on obtient de simples mélanges de cette composition quand on déshydrate à 100° le sel bleu, bien connu, $CuCl^2.2NH^4Cl\,2H^2O$, ou une variété allotropique verte que nous avons obtenue en faisant cristalliser, au voisinage de sa température d'ébullition, la solution de ce sel double. Il résultait, en effet, de nos mesures thermochimiques, que la chaleur de formation à l'état solide de cet anhydride est nulle ou pratiquement telle.

Nous avons pensé que cette substance devrait être considérée comme une combinaison véritable, si sa densité s'écartait notablement de celle qui peut être calculée, dans l'hypothèse d'un mélange, à partir des densités du chlorure de cuivre anhydre et du chlorure d'ammonium.

La différence entre le volume moléculaire observé 126,6 et le volume moléculaire calculé 119,2 est telle que nous concluons à l'existence du composé $CuCl^2.2NH^4Cl$; et nous signalons comme un fait digne de remarque que sa chaleur de formation soit pratiquement nulle.

Si l'on doit admettre que l'on a affaire à une combinaison quand la densité calculée s'écarte notablement de la densité observée, il s'en faut que la règle inverse soit admissible et que l'on ait affaire à un mélange lorsque la densité calculée coïncide avec la densité observée.

On s'est rendu compte, dans ces dernières années, qu'il fallait établir une distinction entre les sels doubles et les sels complexes. Alors que les propriétés des constituants présumés d'un complexe sont plus ou moins masquées, celles des constituants d'un sel double restent sensibles. Mais

entre le *parfait sel double*, dont les propriétés obéiraient strictement à des lois d'additivité, et le *complexe parfait* où les propriétés des constituants sont complètement masquées, il y a toutes sortes de transitions. Les lois simples ne peuvent se manifester que dans les cas extrêmes.

C'est ainsi qu'on peut donner l'énoncé suivant, mais seulement à titre de règle limite : *Le volume moléculaire d'un sel double est fréquemment égal à la somme des volumes moléculaires de ses constituants.* Ce qui revient à dire que le volume moléculaire se comporte comme les autres propriétés (coloration, magnétisme, propriétés chimiques, etc.), par rapport auxquelles le sel considéré se manifeste comme un sel double parfait.

Cette règle peut être souvent contrôlée, à la condition de choisir judicieusement les constituants du sel double. En particulier, il faut éviter, en général, de considérer l'eau que renferment la plupart de ces sels comme une simple parure. Elle entre en partie ou même en totalité (tel est le cas pour les chlorures cuivriques simples ou doubles) dans la constitution des sels. On ne saurait trop insister sur ce point sur lequel les travaux de A. Werner, puis ceux de Wyrouboff, ont attiré l'attention.

La différence entre les volumes moléculaires du chlorure $CuCl^2.2H^2O$ et du chlorure $CuCl^2$ ne représente aucunement le volume moléculaire de l'eau; c'est là de l'eau de constitution, qui reste telle dans les chlorures doubles de cuivre et d'ammonium. L'étude des densités conduit aux mêmes conclusions que celle des propriétés magnétiques (1). Les différences de coloration de ces sels et de leurs anhydrides confirment les considérations précédentes.

Si l'on admet que les constituants des sels doubles sont l'hydrate de chlorure cuivrique $CuCl^2.2H^2O$ et le chlorure d'ammonium, le volume moléculaire calculé pour les sels de formule $CuCl^2.2NH^4Cl.2H^2O$ est 141,5. L'expérience a donné 142,6 pour la variété verte et 138,0 pour la variété bleue.

D'un ensemble de mesures faites sur un grand nombre de sels, il résulte que, pour les corps d'une même série, les volumes moléculaires de ceux des constituants qui présentent le caractère complexe, peuvent être en première approximation remplacés par des modules. Mais nous nous bornerons à donner dans cette Note les résultats obtenus dans l'étude des chlorures cuivriques.

Les densités ont été déterminées par la méthode du flacon, en prenant

(1) Mlle Feytis, *Comptes rendus*, t. 156, p. 886.

toutes les précautions nécessaires pour rendre négligeables les erreurs dues aux bulles d'air. Le nitrobenzène a été employé comme liquide de comparaison; les nombres suivants étant rapportés à l'eau à 12° environ.

Le quotient des poids moléculaires par ces densités est proportionnel au volume moléculaire et a été pris comme sa mesure.

Sel.	Densité.	Température.	Volume moléculaire.
NH^4Cl	1,527	11°,3	35,0
$CuCl^2$	3,427	11,5	39,2
$CuCl^2.2H^2O$	2,519	11,3	71,6
$CuCl^2.2H^2O.2NH^4Cl$ *vert*	1,945	11,4	142,6
$CuCl^2.2H^2O.2NH^4Cl$ *bleu*	2,011	11,6	138,0
$CuCl^2.2NH^4Cl$ provenant du sel vert	1,900	11,5	126,5
$CuCl^2.2NH^4Cl$ provenant du sel bleu	1,905	11,6	126,7

Les écarts entre ces deux derniers nombres peuvent être attribués aux erreurs d'expérience. Nous estimons qu'on obtient le même corps par déshydratation à 100°, soit du chlorure double vert, soit du chlorure double bleu.

PHOTOCHIMIE. — *Étude quantitative de l'absorption des rayons ultraviolets par les cétones, les dicétones et les acides cétoniques.* Note de MM. **Jean Bielecki** et **Victor Henri**, présentée par M. Dastre.

Dans les Notes précédentes nous avons étudié le rôle joué dans l'absorption par le groupe carboxylique et par les radicaux alcooliques. Nous étudions maintenant comment se comporte l'absorption, lorsqu'on introduit dans la molécule un ou plusieurs groupes cétoniques.

Les recherches qualitatives de Baly, Desch, Stewart, Hantsch, Gelbke ont montré que les monocétones aliphatiques présentent une bande d'absorption vers $\lambda = 2700$; les dicétones possèdent, ainsi que l'a montré Gelbke en 1912, également une bande vers 2800. L'attention de ces auteurs a été tout particulièrement attirée par l'étude de l'acétylacétone, des éthers et des sels de l'acide acétylacétique; d'après Baly, Desch et Hantsch, ces corps ne possèdent pas de bande en solution aqueuse ou en présence d'acide; au contraire, en solution aqueuse alcaline ils présentent une très forte bande d'absorption vers $\lambda = 2700$. Ces différences sont attribuées à l'existence de deux formes tautomères $R - \underset{\substack{| \\ CH^2 - R'}}{C} = O$ et $R - \underset{\substack{\| \\ CH - R'}}{C} - OH$, la première forme cétonique existant en solution acide et la deuxième, énolique, surtout en solution alcaline.

Nous donnons dans le Tableau suivant quelques-unes des valeurs des constantes d'absorption moléculaires $\varepsilon(J = J_0.10^{-\varepsilon c d})$, ainsi que les positions des maxima et des minima d'absorption.

L'étude des résultats nous permet de formuler les conclusions suivantes :

	ε pour 3100.	Maximum d'absorption. λ.	Maximum d'absorption. ε.	Minimum d'absorption. λ.	Minimum d'absorption. ε.	ε pour 2300.	ε pour 2195.
			Monocétones (en solution alcoolique).				
Acétone................	1,7	2706	15,8		néant	1.6	<1,1
Méthyléthylcétone.......	2,0	2703	16,3		néant	1,35	0,54
Méthylbutylcétone......	3,2	2813	19,4		néant	4,1	5.7
Méthylisobutylcétone....	4,4	2813	27		néant	3,7	2,48
Pinacoline.............	6,1	2813	27	2444	4,2	24	23,2
Méthylhexylcétone......	3,5	2778	27		néant	7,1	4,9
Diéthylcétone..........	2,16	2748	>19,4<27	2327	>3,2<4,2	3,8	>4.2
Éthylpropylcétone......	2,9	2813	19,4	2389	3,2	4,3	7,8
Dipropylcétone.........	4,6	2810	27	2467	<10,8	24,7	44
			Dicétones (en solution alcoolique).				
Diacétyle..............	12,1	2862	28	2503	>10,8<14	35	108
Acétylacétone...........	270	2724	10800		néant	450	140
Acétonylacétone........	12	2708	124	2556	54	683	780
			Acides cétoniques.				
Acide pyruvique en sol. alc.	6,4	Plateau 2752 à 2926. ε = 8,1			néant	92	194
Acétylacétate d'éthyle en sol. aqueuse acide.	30,5	2550	>70	2375	70	112	»
» en sol. aqueuse...	23,5	2560	82	2390	<70	87	108
» en sol. aq. alcal...	39	2725	>10000	2240	408	500	542
» en sol. alcoolique.	27	2411	1620		néant	920	542
Acétylacétate de méthyle en sol. alcoolique.....	4	2365	>1300		néant	942	540

1° Tout corps de formule générale $C^nH^{2n+1}COC^pH^{2p+1}$ possède une bande d'absorption entre 2700 et 2800; la position et la hauteur de cette bande varient peu avec les valeurs de n et de p.

Pour les homologues supérieurs à la méthyléthylcétone on observe souvent un minimum d'absorption qui se trouve vers 2400.

2° Le mode de liaison des atomes de carbone (métamérie) dans les monocétones et la position du groupe cétonique dans la chaîne (isométamérie) influent sur l'absorption ainsi que le montrent les valeurs de ε pour

la méthylbutylcétone *n*, la méthylisobutylcétone, la pinacoline et l'éthylpropylcétone.

3° Lorsque deux groupes cétoniques se trouvent dans la même molécule (dicétones) on observe une exaltation de la bande d'absorption de l'acétone, mais la position du maximum ne change presque pas.

4° L'existence dans la même molécule d'un groupe cétonique et d'un carboxylique, comme dans l'acide pyruvique $CH^3COCOOH$, produit une double influence : l'absorption caractéristique du carboxyle est exaltée et celle du carbonyle est déprimée. Ceci résulte de la comparaison entre la courbe d'absorption de l'acide pyruvique et celles de l'acétone et de l'acide propionique. La courbe d'absorption de l'acide pyruvique présente un plateau entre 2752 et 2926, la valeur de ε est ici égale à 8,1.

5° Dans les cas où le même corps peut exister sous la forme cétonique et énolique (tautomérie) l'absorption varie beaucoup avec la proportion de l'une ou de l'autre de ces formes. Ainsi l'acétylacétate d'éthyle en solution aqueuse avec ou sans HCl se trouve surtout sous la forme cétonique, l'absorption présente un léger maximum vers 2550 où $\varepsilon = 82$.

En solution alcaline (NaOH en excès) la courbe d'absorption ressemble quant à sa position et à sa forme à celle de l'acétone, mais elle est environ 700 fois plus élevée : le maximum est pour $\lambda = 2725$ et $\varepsilon = 10000$.

La même exaltation de l'absorption se produit dans le cas de l'acétylacétone en solution alcoolique qui est constituée en grande partie de la forme énolique : $\lambda_{max} = 2724$ et $\varepsilon = 10800$.

6° Les acétylacétates de CH^3 et de C^2H^5 en solution alcoolique possèdent une bande d'absorption vers $\lambda = 2400$; dans cette région on ne rencontre que très rarement des bandes d'absorption.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'acide formique sur les colorants du triphénylméthane*. Note de MM. **A. Guyot** et **A. Kovache**, présentée par M. Haller.

Malgré les nombreuses recherches dont elle a fait l'objet, la constitution des colorants du triphénylméthane est encore très discutée.

Il nous a donc paru intéressant de rechercher si ces colorants se comportent vis-à-vis de l'acide formique comme les triarylcarbinols simples, c'est-à-dire s'ils se réduisent quantitativement avec départ d'une molécule d'acide carbonique, comme nous l'avons montré dans de précédentes

Communications (¹):



$$R^3C - OH + H - COOH = R^3C - H + CO^2 + H^2O.$$

Des essais qualitatifs effectués avec la rosaniline nous ont montré que cette substance se réduit déjà notablement par simple ébullition avec de l'acide formique pur, et que l'emploi du même acide additionné de formiate de soude conduit à une réduction rapide et complète du colorant.

Toutefois, pour éviter les complications qui résultent de la formation d'amides formiques, nous avons préféré n'envisager que le cas plus simple des bases à fonction amine tertiaire. Nos essais ont porté sur le vert malachite et le violet hexaméthylé.

L'acide formique pur et bouillant ne réduit ces composés que dans une faible proportion; additionné de formiate de soude, il donne des résultats tout à fait inattendus.

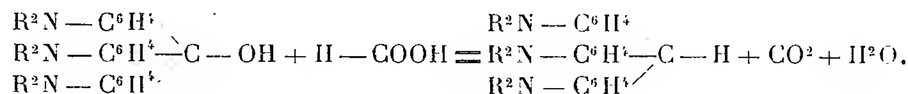
Si l'on considère par exemple le cas du violet hexaméthylé, la solution formique primitivement d'un violet intense se décolore complètement après quelques heures d'ébullition, mais la quantité d'acide carbonique dégagé croît avec la proportion de formiate alcalin, dépasse celle prévue par l'équation de réduction et se limite au double de cette quantité :

Dosages d'acide carbonique. — *a.* 1g,1480 de la base du violet hexaméthylé après 6 heures d'ébullition avec 30cm³ d'acide formique additionné de 10g de formiate de soude anhydre ont donné 0g,1473 d'acide carbonique, soit 13,4 pour 100 en plus de la quantité théorique : 0,1298.

b. 1g,2207 de la même base après 6 heures d'ébullition avec 30cm³ d'acide formique et 25g de formiate alcalin ont donné 0g,2743 d'acide carbonique, soit le double de la quantité théorique : 0,1380.

Dans cette dernière expérience, nous avons retrouvé uniquement de la diméthylaniline et du tétraméthylparadiamidodiphénylméthane en proportions équimoléculaires; tandis que dans le premier essai ou nous avons employé une quantité moindre de formiate, nous avons constaté en outre la présence d'hexaméthyltriamidotriphénylméthane.

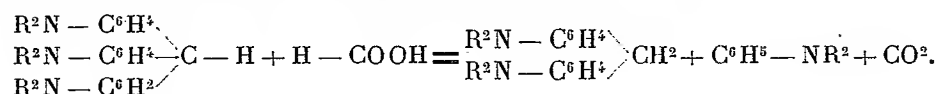
On peut en conclure que le colorant se réduit tout d'abord normalement



$$\begin{matrix} R^2N - C^6H^4 \\ R^2N - C^6H^4 \\ R^2N - C^6H^4 \end{matrix} \!\!> C - OH + H - COOH = \begin{matrix} R^2N - C^6H^4 \\ R^2N - C^6H^4 \\ R^2N - C^6H^4 \end{matrix} \!\!> C - H + CO^2 + H^2O.$$

(¹) *Comptes rendus*, t. 154, p. 121 et t. 155, p. 838.

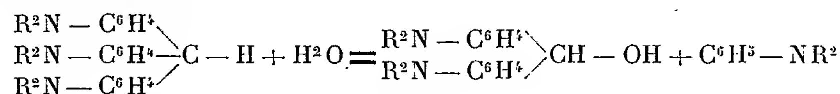
mais que la leucobase primitivement formée subit à son tour l'action du réducteur et se scinde conformément à l'équation globale



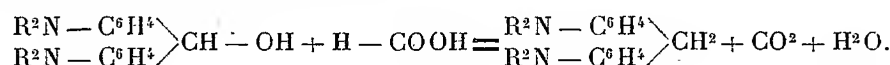
Et de fait, lorsqu'on soumet à l'action de l'acide formique additionné de formiate de soude de l'hexaméthyltriamidotriphénylméthane, ce composé se réduit quantitativement dans le sens indiqué.

Dosage d'acide carbonique. — 1g,0573 de leucobase du violet hexaméthylé après 6 heures d'ébullition avec 30^{cm^3} d'acide formique additionné de 25g de formiate de soude ont dégagé 0g,1244 d'acide carbonique soit 99,7 pour 100 de la théorie qui exige 0,1247.

Ce phénomène si inattendu de scission et de réduction d'une leucobase sous l'influence de l'acide formique peut s'expliquer par la formation intermédiaire d'hydrol



suivie de la réduction de cet hydrol



A l'appui de cette hypothèse, nous avons constaté que le tétraméthyldiamidobenzhydrol se réduit quantitativement en tétraméthyldiamidodiphénylméthane avec l'aide du formiate de soude.

Dosage d'acide carbonique. — 1g,1917 de tétraméthyldiamidobenzhydrol après 4 heures d'ébullition avec 30^{cm^3} d'acide formique et 20g de formiate de soude ont donné 0g,1937 d'acide carbonique, soit 99,7 pour 100 de la théorie qui exige 0g,1942.

Le vert malachite se comporte de la même façon vis-à-vis de l'acide formique additionné de formiate de soude; on observe encore un dégagement d'acide carbonique notablement supérieur à celui exigé par l'équation de réduction normale et une scission de la leucobase primitivement formée en diméthylaniline et paradiméthylamidodiphénylméthane; mais cette scission n'est pas quantitative.

Sans vouloir intervenir dans la discussion relative à la constitution des colorants du triphénylméthane, nous tenons à faire remarquer que l'action

de l'acide formique établit nettement une *parenté évidente et une continuité complète entre les colorants proprement dits et les carbinols dépourvus de tout auxochrome : il n'existe entre ces deux groupes de composés qu'une différence dans les aptitudes réactionnelles, différence qu'on peut attribuer à la basicité plus ou moins prononcée de ces molécules et qui se traduit par une facilité de réduction variable d'un terme à l'autre.*

BOTANIQUE. — *Sur l'évolution de l'appareil conducteur dans les* Veronica. Note de M. **Gustave Chauveaud**.

Le numéro 14 (p. 1084) des *Comptes rendus* contient une Note de M. Lenoir sur laquelle je demande à l'Académie la permission d'attirer son attention.

Déjà, en 1904, dans des conditions à peu près semblables, j'ai cru devoir formuler une rectification qui a été accueillie favorablement par l'Académie.

Il s'agissait alors d'une Note [1], dans laquelle l'auteur avait décrit le développement vasculaire chez les Labiées, de façon à contredire les résultats généraux que j'avais annoncés quelques années auparavant [2].

Malheureusement, la description de ce jeune auteur se trouvait en même temps si inexacte, que je dus la rectifier totalement. Afin de bien montrer que l'exemple des Labiées est aussi défavorable à la conception anatomique de M. G. Bonnier [3] que les autres exemples déjà cités [4], cette rectification se terminait ainsi :

« Il est donc désormais évident que prendre la feuille comme point de départ pour reconstituer la racine, c'est vouloir reconstituer l'appareil conducteur tout entier à l'aide de ses seuls éléments superposés. Or les hypothèses les plus ingénieuses ne sauraient remplacer les éléments primaires disparus » [5].

---

(1) *Comptes rendus*, t. 137, p. 804.

(2) *Sur la structure des plantes vasculaires* (*Comptes rendus*, 14 janvier 1901).

(3) G. Bonnier, *Sur l'ordre de formation des éléments du cylindre central dans la racine et la tige* (*Comptes rendus*, t. 131, 1900, p. 781). — *Sur la différenciation des tissus vasculaires de la tige et de la feuille* (*Ibid.*, p. 1276).

(4) *Sur le passage de la structure primaire à la structure secondaire dans le Haricot* (*Bull. du Mus. d'Hist. nat.*, 1901, p. 23). — *Passage de la position alterne à la position superposée de l'appareil conducteur, avec destruction des vaisseaux centripètes primitifs, dans le cotylédon de l'Oignon* (Allium Cepa), (*Bull. du Mus. d'Hist. nat.*, 1902, p. 52). — *Passage de la disposition primitive à la disposition secondaire dans les cotylédons du Pin maritime* (Pinus maritima) (*Ibid.*, p. 149).

(5) *Sur la persistance de la structure alterne dans les cotylédons du Lamier blanc et de plusieurs autres Labiées* (*Comptes rendus*, 21 mars 1904).

Cette intervention ne provoqua aucune réclamation. Bien mieux, l'auteur de cette première Note abandonna complètement sa manière de voir et donna à la rectification son entier assentiment.

Dans la suite, de nouveaux essais furent tentés en vue d'affaiblir la portée des conclusions ci-dessus. Ces essais viennent d'aboutir, 9 ans plus tard, à la présentation d'une seconde Note, qui est loin de mériter un sort plus heureux que celui de la première.

L'auteur de cette seconde Note ([1]), M. Lenoir, s'affranchit d'abord de toute obligation relative à la priorité. Ainsi il annonce que, dans la plantule des Véroniques, les premiers tubes criblés se différencient avant les premiers vaisseaux, comme si ce fait n'avait pas été déjà généralisé.

Ensuite il énonce l'opinion suivante :

« Si l'on étudie la différenciation d'un de ces tubes criblés, à l'état le plus jeune que j'aie pu observer, on voit qu'il s'est déjà formé un seul tube criblé continu depuis le haut du cotylédon jusqu'à la base de l'axe hypocotylé; cette différenciation de ce premier tube criblé unique dans chacun des deux groupes libériens, se poursuit ensuite dans la radicule, à mesure que celle-ci se développe, toujours en continuité avec ce même tube criblé. »

M. Lenoir regarde donc la file des éléments criblés comme un tube criblé unique. Or prendre pour un seul tube criblé l'ensemble des tubes criblés dont est formée la file qui va de la base de l'hypocotyle jusqu'à l'extrémité du cotylédon, c'est commettre une erreur anatomique aussi considérable que de dire, à propos d'un mammifère, par exemple : *Sa colonne vertébrale est formée d'un seul os qui va de la base de la tête jusqu'à l'extrémité de la queue.*

On comprendra, d'après cela, pourquoi les résultats énoncés dans cette seconde Note ont pu paraître nouveaux. En réalité, l'appareil conducteur des Véroniques se développe suivant les lois générales qui régissent les autres dicotylédones. Sous ce rapport, le genre *Veronica* ne diffère, en particulier, du genre *Melampyrum* décrit ([2]) comme type de la famille, que par une plus grande accélération, se traduisant par une moindre persistance de la phase alterne ou primitive.

([1]) *Sur le début de la différenciation vasculaire dans la plantule des* Veronica (*Comptes rendus*, t. 156, p. 1084).

([2]) *L'appareil conducteur des plantes vasculaires* (*Ann. des Sc. nat.*, 9e série, t. XIII).

PHYSIOLOGIE. — *Résistance comparative du Chien et du Lapin aux injections intraveineuses d'oxygène.* Note de M. **Raoul Bayeux**, présentée par M. Roux.

Dans le but d'étudier les phénomènes biologiques provoqués par l'injection de l'oxygène dans le système veineux des animaux, j'ai cherché à déterminer les volumes maxima que le Chien et le Lapin peuvent recevoir en 1 heure, sans mourir.

La littérature scientifique ne m'avait fourni que des documents insuffisants sur cette question; pas plus sur le Cheval, parfois utilisé pour ces recherches, que sur le Chien, les chiffres obtenus n'ont présenté une rigueur suffisante. Quant au Lapin, animal de laboratoire par excellence, je n'ai pas connaissance qu'on en ait jamais fixé la tolérance pour les injections d'oxygène dans les veines, et, cependant, mes expériences m'ont fait voir que sa sensibilité même à l'oxygène peut le rendre particulièrement précieux pour cette étude particulière.

Mes recherches, qui ont duré 5 mois, ont commencé en novembre 1912. Je les ai effectuées sur cinq Chiens et sur plus de trente Lapins. L'oxygène a été injecté dans la veine fémorale, au moyen de l'appareil que j'ai inventé (*Comptes rendus*, 20 novembre 1911).

Si l'on considère le poids d'un animal (exprimé en grammes) et le volume de l'oxygène (en centimètres cubes) que les animaux tolèrent en 1 heure, on peut exprimer ce volume en fonction du poids. Or, dans ces conditions, j'ai vu que le Chien en supporte un volume exprimé par le chiffre représentant le tiers de son poids, au lieu que le Lapin n'en supporte que la quatre-vingtième partie. Et, si l'on exprime ces résultats par une formule, dans laquelle V représente le volume de l'oxygène, P le poids de l'animal, on obtient :

Pour le Chien........................ $V = \frac{P}{3}$

Pour le Lapin........................ $V = \frac{P}{80}$

Par exemple, un Chien de 9^{kg} tolérera 3^{l} d'oxygène en 1 heure, et un Lapin de 2^{kg} n'en tolérera que 25^{cm^3}.

Chez ce dernier animal, si l'injection est faite dans une veine de l'oreille,

la dose-limite s'abaisse encore et la formule devient

$$\text{Oxygène-Lapin-Oreille} : V = \frac{P}{100}$$

et un Lapin de 2^{kg} ne supportera que 20^{cm^3}.

En injectant des doses inférieures à celles-là, j'ai pu prolonger l'expérience pendant plus de 2 heures sans provoquer la mort. Au contraire, avec des doses supérieures, les animaux ont toujours succombé en moins d'une heure.

Sur les Chiens, j'ai pu ainsi reproduire les accidents signalés par Paul Bert chez les sujets soumis à la décompression brusque : contractures tétaniques avec arrêt des mouvements respiratoires, paralysies aiguës systématisées persistant plusieurs jours, etc.

Lors même que la dose de l'oxygène injecté ne dépasse pas les limites que j'ai fixées, elles déterminent des réactions particulières : *quelques secondes après le début* de l'expérience, les battements du cœur deviennent tumultueux, violents et précipités; la respiration s'accélère subitement, atteignant 110 chez le Lapin, et devient ample et profonde, convulsive même. Ces accidents durent tout le temps de l'injection, mais, peu après sa cessation, tout se calme et l'on voit les Chiens, aussitôt débarrassés de leurs liens, courir et gambader.

Chez les animaux qui ont succombé à des doses trop fortes, on peut faire les constatations suivantes : les poumons sont pâles, presque vides de sang; le cœur est dilaté, *ses cavités droites* sont distendues par du sang rose, mélangé de bulles gazeuses; *le cœur gauche*, au contraire, est presque vide, ses parois sont flasques et d'une couleur lie de vin. Les gros troncs veineux voisins du cœur sont remplis de sang rouge, mélangé de gaz non dissous; leurs branches collatérales contiennent également du gaz, mais le sang est plus ou moins foncé, allant du rouge sombre au noir.

Cette différence de coloration s'explique par ce fait, que le sang voisin du cœur a été agité par les battements cardiaques, au lieu que plus loin il a cheminé trop lentement pour dissoudre l'oxygène dans toute sa masse.

Tant que le cœur bat, les parois de ses cavités droites gardent la couleur rose; lorsqu'il s'arrête, cette couleur devient plus foncée et finit par devenir noire.

L'artère pulmonaire est pleine de mousse rose, et les veines pulmonaires contiennent un peu de sang rouge : ce qui prouve que l'oxygène n'a franchi le réseau capillaire du poumon qu'à l'état de dissolution.

Si l'on perce le cœur droit, on en voit sourdre une mousse rose, et si

l'on pique une grosse veine, le sang, au lieu de s'écouler en nappe, sort en un jet qui peut s'élever à plusieurs centimètres de hauteur.

La mort est donc causée par l'obstacle que les embolies gazeuses apportent au passage du sang dans les capillaires du poumon, déterminant ainsi une dilatation du cœur droit et une dilatation progressive de la pression artérielle.

Ces expériences permettent de conclure que, en proportion de leurs poids respectifs, le Chien peut tolérer dans ses veines une quantité d'oxygène *plus de vingt-cinq fois supérieure* à celle que tolère le Lapin. Elles montrent de plus que le Lapin pourra servir à expérimenter l'action des injections intra-veineuses d'oxygène pourvu qu'on dispose d'une instrumentation assez précise pour ne lui imposer que les doses minimes qui sont compatibles avec sa survie.

HISTOLOGIE. — *Sur quelques modifications du tissu musculaire au moment de la maturité sexuelle chez la* Nereis fucata (*Sav.*). Note de M. **H. Charrier**, présentée par M. Henneguy.

En comparant les principaux muscles du corps, chez la forme néréidienne et la forme hétéronéréidienne mâle de la *Nereis fucata* (Sav.), j'ai constaté des différences importantes dans leur développement et dans leur constitution.

Pour ne parler que des principaux muscles, muscles longitudinaux ventraux et dorsaux, muscles moteurs des parapodes (ou muscles obliques), on remarque d'abord une augmentation notable de l'épaisseur de ces muscles chez l'Hétéronéréis mâle. Les muscles obliques, en particulier, prennent l'aspect de gros fuseaux, tandis qu'ils forment de très minces lames chez l'Annélide immature.

De plus dans la forme épitoque, chacun des deux gros muscles longitudinaux dorsaux se continue, de chaque côté du vaisseau sanguin dorsal, par une bande plongeant dans la cavité générale, bande qui se renfle légèrement à son extrémité libre. Par contre, le double repli musculaire, qui chez la *Nereis fucata* immature surmonte latéralement chacun des deux muscles longitudinaux ventraux, s'est considérablement réduit.

Outre ces différences dans la taille et la forme de ces muscles, on observe aussi des différences dans leur structure histologique.

Les fibres musculaires de la *Nereis fucata* sont, dans les muscles considérés,

de très minces rubans. Le noyau est logé dans la fibre, légèrement dilatée en ce point, et à ce niveau on peut distinguer, pas toujours très nettement d'ailleurs, le sarcoplasma.

La forme hétéronéréidienne nous offre au contraire une grande complexité dans la constitution de ses muscles.

Les fibres des muscles obliques apparaissent, lorsqu'elles sont dissociées, comme formées par une lame de myoplasma, présentant latéralement, sur presque toute sa longueur, une crête irrégulière assez large, et surtout développée au niveau du noyau.

Les coupes transversales de ces éléments nous montrent qu'en réalité le myoplasma, très mince, forme une gouttière, tapissée intérieurement par une couche régulière, assez épaisse, de sarcoplasma. Latéralement on trouve une hernie pauvre en sarcoplasma, mais contenant le noyau. Cette hernie diminue d'importance à mesure qu'on se rapproche des extrémités de la fibre, laquelle finit par devenir tubulaire par soudure des bords de la gouttière myoplasmique.

Dans les muscles longitudinaux nous trouvons une constitution variable suivant la région considérée.

La portion latéro-externe des muscles longitudinaux dorsaux, ainsi que le double repli des muscles longitudinaux ventraux, ne contiennent que des fibres du type néréidien. Le reste de ces muscles est formé de fibres semblables à celles que nous venons d'étudier dans les muscles obliques, à part cependant la région interne des ventraux et les bandes internes des dorsaux.

Les fibres de ces régions sont en effet bien différentes de celles que nous avons étudiées jusqu'ici. Ce sont de très petits éléments, qui, examinés en coupes transversales, présentent eux aussi, sur le côté, une hernie logeant un petit noyau; la partie fondamentale de la fibre est constituée par une substance assez chromatique, dans laquelle on distingue des lamelles contractiles, disposées normalement au plan de symétrie de la fibre, au niveau duquel elles s'affrontent ou alternent.

Comme on le voit, les modifications extérieures, qui caractérisent la transformation de la *Nereis* en *Heteronereis*, s'accompagnent chez la *Nereis fucata* de modifications profondes du système musculaire.

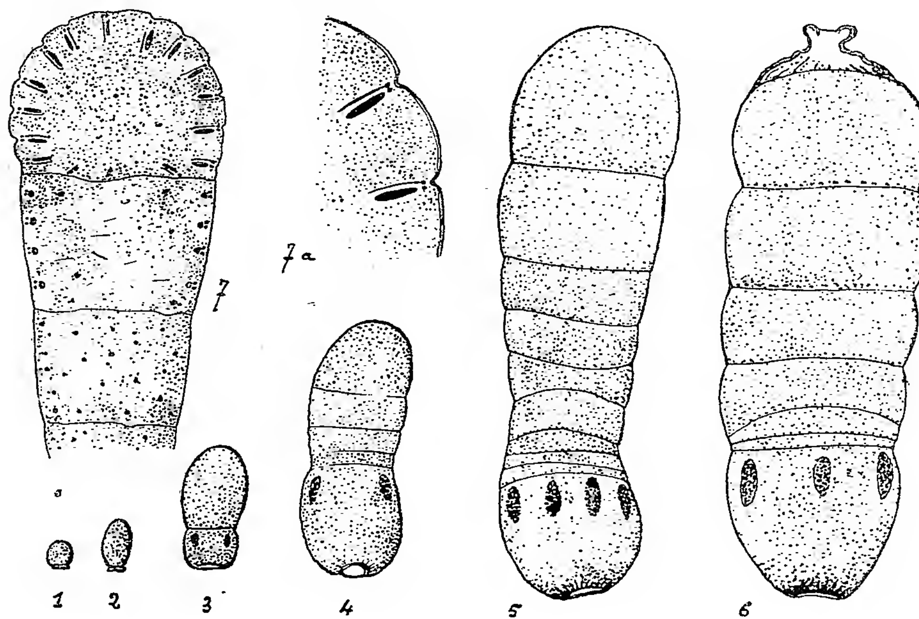
ZOOLOGIE. — *Sur un Ellobiopsidé nouveau, parasite des Nébalies* (Parallobiopsis Coutieri *n. g.*, *n. sp.*). Note (1) de M. **Bernard Collin**, présentée par M. Yves Delage.

J'ai rencontré, il y a plusieurs années déjà, sur les membres abdominaux, les branchies et surtout la face interne des replis membraneux du céphalo-

(1) Présentée dans la séance du 21 avril 1913.

thorax de *Nebalia bipes* (O. Fabr.), un curieux parasite qui prend place à côté des genres *Ellobiopsis* Caullery (1910), *Ellobiocystis* et *Staphylocystis* Coutière (1911), toutes formes problématiques rapprochées provisoirement des Péridiniens parasites.

L'organisme est fixé sur la chitine de l'hôte par une ventouse circulaire qu'entourent des stries rayonnantes; il n'émet point de rhizoïdes. Son corps, allongé en massue, se montre partagé en articles successifs par des cloisons complètes, indiquées à l'extérieur par autant d'étranglements. A l'article basal, presque aussi haut que large, succède (chez les adultes du moins) une zone de croissance rapide, sorte de méristème comprenant des articles plats et courts, les plus récemment formés, mais dont la taille augmente à mesure qu'on approche de la partie distale, laquelle se termine d'ordinaire par une surface en dôme. Les individus jeunes, ovoïdes ou piriformes (*fig.* 1, 2, 3, 4),



ne comprennent d'abord qu'un article, puis deux, puis trois, et deviennent ainsi peu à peu très semblables aux adultes (*fig.* 5). Chez les exemplaires âgés (*fig.* 6), l'article distal est parfois vide et fripé, réduit à son tégument déchiré par en haut (ce qui semble être la suite d'une émission de spores), tandis que celui qui succède se renfle en dôme à son tour. La taille minima constatée est d'environ 5^{μ}, la longueur définitive pouvant atteindre 150^{μ} et la largeur 50^{μ}.

L'examen *in vivo*, de même que les colorations totales, ne montre rien autre chose qu'une couronne de gros noyaux à structure granulaire massive, rangés à la face supérieure de l'article basal, tout contre la périphérie et au contact du méristème : ce sont les noyaux trophiques ou *macronuclei*. Mais les coupes montrent en plus, dans

cet article et les suivants (*fig.* 7 et 7 *a*), de très nombreux petits noyaux, mesurant à peine 1^{μ} et parsemant le cytoplasme : ce sont eux que j'appellerai noyaux germinatifs ou *micronuclei*. En s'éloignant vers la région distale, on les voit grossir peu à peu et bientôt s'accompagner d'une granule centriolaire, d'abord simple, puis géminé (dédoublé?), extérieur à la membrane. Dans l'article distal enfin, tous ces noyaux sont allongés, mesurant $3^{\mu},5 \times 1^{\mu}$, et gagnent la périphérie, leur diplosome étant tourné constamment vers l'extérieur. Chacun d'eux (*fig.* 7 *a*) est flanqué latéralement d'une baguette moins colorable, plus longue et plus mince (axostyle?), en relation directe avec l'un des centrioles. La formation des spores d'essaimage (schizozoïtes ou gamètes?) qui doit suivre de près cette métamorphose, m'est encore inconnue : l'existence du diplosome pourrait suggérer l'hypothèse de germes biflagellés.

En résumé, cette forme présente comme caractères marquants, encore inconnus jusqu'ici chez les Elliobiopsidés : 1° la localisation très précise de la zone d'accroissement (méristème); 2° le dualisme chromatique plus ou moins comparable à celui des Infusoires ciliés; 3° l'ordonnement des noyaux en couche périphérique, avant la sporulation. D'autre part, son habitat sur un hôte littoral, facilement accessible et vivant bien en aquarium, semble en faire (par rapport aux autres représentants du groupe, tous encore pélagiques ou bathypélagiques) un matériel des plus précieux quant à l'étude possible du cycle évolutif.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur une septicémie bacillaire des chenilles d'*Arctia caja *L.* Note de MM. **F. Picard** et **G.-R. Blanc**, présentée par M. Roux.

Les chenilles d'*Arctia caja* L., très abondantes cette année dans les vignobles du midi de la France, ont été presque complètement détruites par deux maladies : l'une d'elles, bien étudiée depuis longtemps, est occasionnée par un Champignon de la famille des Entomophtorées, l'*Empusa aulicœ* Reich., l'autre est une septicémie d'origine bacillaire. Les chenilles mortes deviennent flasques et exhalent une odeur nauséabonde; leur tube digestif est vide de son contenu et ne renferme qu'un liquide clair, souvent exempt de tout micro-organisme. Le sang renferme en culture pure un cocobacille avec lequel nous avons pu reproduire artificiellement la maladie.

Ce cocobacille, pour lequel nous proposons le nom de *Cocobacillus cajœ*, mesure environ $1^{\mu},5$.

Il est mobile, de forme légèrement ovale, ne prend pas le gram, se colore fortement par les couleurs d'aniline (Krystal-violet), et lorsqu'il est faiblement coloré par la

méthode de Pappeinheim, montre une partie claire au centre, comprise entre deux extrémités foncées.

Les cultures sur bouillon poussent en 12 heures de 15° à 35° avec un optimum à 25°. Elles exhalent une odeur d'œufs pourris et prennent en 24 heures une teinte verdâtre fluorescente, plus marquée à 25° qu'à 15° ou à 35°. Elles ne contiennent cependant pas de pyocyanine, comme le montre leur épuisement par le chloroforme. Le cocobacille pousse rapidement sur gélatine qu'il liquéfie et sur gélose en donnant dans les deux cas une teinte légèrement fluorescente. Les cultures en strie sur gélose se répandent en peu de temps sur toute la surface. Sur pomme de terre, les cultures sont pauvres et ne commencent à se développer qu'après 48 heures, sans produire de pigment verdâtre fluorescent.

Les chenilles d'*Arctia caja*, piquées à l'une des pattes membraneuses, à l'aide d'une fine aiguille trempée dans du sang virulent ou dans une culture en bouillon, meurent régulièrement en 3 jours à 15°, en présentant dans leur sang une multiplication intense du bacille; elles meurent en 12 heures, ou 24 heures au plus, lorsqu'elles sont maintenues à 25°. Le sang des chenilles mortes à 25° paraît plus virulent que celui de celles qui meurent à 15°, et son inoculation tue en 48 heures au lieu de 3 jours.

Les chenilles ayant reçu par ingestion quelques gouttes de culture, au moyen d'une pipette introduite dans le pharynx, sont mortes en 12 heures à 25° avec leur sang envahi par le cocobacille. Ce fait, qui démontre le rôle possible de la voie buccale pour l'origine de l'infection, permet d'espérer que l'emploi de ce microbe pourra recevoir une application pratique.

Les chenilles de *Porthesia chrysorrhea* sont très sensibles et tuées par piqûre en 24 ou 48 heures. Divers Coléoptères : *Hydrophilus pistaceus*, *Dyticus pisanus*, *Cybister laterimarginalis*, *Colymbetes fuscus*, ne sont pas tués par innoculation, non plus que les Hémiptères suivants : *Notonecta glauca*, *Nipa cinerea*, *Ranatra linearis*.

Le Rat blanc est insensible à l'injection intrapéritonéale de 1^{cm^3} de culture riche en bouillon, datant de 24 heures. La Rainette (*Hila arborea*) meurt par innoculation dans les sacs lymphatiques de la même culture, en 24 ou 48 heures, avec le sang envahi par de nombreux microbes; ce sang est virulent pour les chenilles. Le sang de chenilles venant de mourir est plus virulent pour la Rainette que les cultures en bouillon; $0^{cm^3},5$ injectés dans les sacs lymphatiques entraînent la mort du Batracien en 12 heures avec septicémie bacillaire intense.

Le *Cocobacillus cajæ* paraît appartenir au même groupe que le *Cocobacillus acridiorum* trouvé par d'Hérelle [1] dans une épizootie des Criquets améri-

---

[1] D'Hérelle, *Comptes rendus*, 22 mai 1911 et 26 février 1912.

cains (*Schistocerca pallens*). Il s'en distingue cependant par plusieurs caractères biologiques et pathologiques, étant un parasite du sang des chenilles, alors que, d'après d'Hérelle, le siège de l'affection chez les Criquets atteints serait avant tout le tube digestif.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'emploi des sels ammoniacaux en vinification.* Note de M. R. MARCILLE, présentée par M. L. Maquenne.

Malgré les nombreuses recherches effectuées sur la nutrition azotée de la levure alcoolique, la question n'est pas encore parfaitement élucidée. Le problème est en effet complexe, et il le devient encore plus lorsque, au lieu de liquides de culture artificiels, de composition connue, on emploie des produits naturels.

Pour le moût des raisins en particulier, la question reste confuse. Alors que les préférences de la levure pour les composés ammoniacaux sont bien établies, il résulterait d'expériences de M. Laborde (¹) qu'elle serait également capable d'utiliser l'azote organique des moûts : un moût privé de son azote volatil fermente encore très bien ; sa fermentation, pour être complète, n'exige que 3 jours de plus que le moût normal, 9 jours au lieu de 6. L'azote ammoniacal n'aurait donc que peu d'influence sur l'allure de la fermentation.

D'autre part les auteurs qui se sont occupés de cette question admettent que le moût de raisin « contient toujours une quantité très sensible d'azote ammoniacal » (²). Tout en recommandant comme bons aliments de la levure les sels ammoniacaux et surtout le phosphate d'ammoniaque, « stimulant énergique », on admet qu'en pratique l'addition aux moûts de ces composés a pour seul avantage de hâter un peu la fermentation.

Nous avons eu l'occasion d'examiner des moûts dont la mauvaise fermentation doit être attribuée au défaut d'azote ammoniacal. En particulier, dans un vignoble des environs de Tunis, une parcelle porte des raisins blancs de la variété Beldi, dont le moût exige, presque chaque année, plusieurs semaines pour se vinifier, par une température de 25° à 30°, alors qu'en général les fermentations des autres cuves ne durent que 4 ou 5 jours.

Des essais préliminaires nous ont montré que la vitalité du ferment n'était pas en cause, puisqu'il faisait fermenter normalement les moûts

(¹) *Annales de l'Institut Pasteur*, 1898, p. 517.

(²) G. KAYSER, *Revue de Viticulture*, t. II, 1911, p. 92.

d'autres origines. Nous avons alors reconnu que l'évolution du ferment devait être retardée par une imperfection de la composition azotée du moût : l'addition de sels ammoniacaux permettait, en effet, une fermentation normale. Ce moût ne contenait, d'ailleurs, que $0^g,007$ d'azote ammoniacal par litre, avec $0^g,114$ d'azote total; alors que, pour 30 autres moûts examinés, l'azote ammoniacal variait de $0^g,040$ à $0^g,155$ et l'azote total de $0^g,216$ à $0^g,600$.

Avec le moût à $0^g,007$ d'azote ammoniacal mis en ballons Pasteur et stérilisé, des essais de fermentation, avec et sans phosphate d'ammoniaque, furent entrepris. Le moût primitif ayant un poids spécifique de 1,084, voici les variations de densité observées :

	Densité après						
	2 jours.	4 jours.	6 jours.	8 jours.	10 jours.	16 jours.	20 jours.
Moût normal.............	1,080	1,068	1,057	1,037	1,031	1,013	1,003
Moût additionné de phosphate d'ammoniaque.....	1,062	1,024	1,005	0,998	»	»	»

Il existe donc des moûts naturels et sains qui ne contiennent pas des quantités suffisantes d'azote assimilable pour fermenter normalement. Il semble qu'alors les ferments ne soient pas aptes à utiliser pour leur nutrition l'azote organique, tout au moins sous la forme où il se présente.

Ces moûts, pauvres en azote volatil, peuvent cependant fermenter complètement, mais exigent, pour être tout à fait privés de sucre, un temps souvent fort long. Ainsi, en 1910, ce moût de Beldi, en cuves de 10^{hl}, a mis plus de six semaines à fermenter d'une façon totale. Comme toutes les précautions avaient été prises pour éviter l'acétification, le vin obtenu était normal, titrant $12°,2$ d'alcool, et renfermait moins de 1^g de sucre par litre, avec une acidité volatile de $0^g,8$.

L'addition de sels ammoniacaux aux moûts se présente donc comme une pratique rationnelle et légitime dans tous les cas analogues. Le phosphate est le seul sel ammoniacal préconisé et nommé dans les circulaires officielles. Le sulfate nous a donné de meilleurs résultats; mais son emploi est forcément subordonné à l'observation des règlements sur le plâtrage. Les doses à utiliser sont de 15^g à 25^g par hectolitre.

Quant aux causes de la faible teneur en ammoniaque, elles sont multiples : la nature du cépage doit venir en première ligne, puis la nature du sol; ce raisin pauvre provient d'une vigne plantée en bordure de la mer. Enfin, lorsque les conditions extérieures sont favorables à une maturation

parfaite, il y a peu d'azote amidé dans les fruits. Cette absence d'azote non élaboré coïncide, d'ailleurs, avec une faible teneur en acide, circonstance peu favorable à une fermentation rapide comme nous avons pu le vérifier à plusieurs reprises.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Étude sur l'élimination urinaire de la morphine injectée à l'animal neuf.* Note de M. H. DORLENCOURT, présentée par M. Ch. Moureu.

Alors que la plupart des auteurs sont d'accord pour admettre l'élimination de la morphine par les voies digestives, tant chez les sujets neufs que chez les sujets accoutumés, on constate au contraire les plus grandes divergences d'opinion en ce qui concerne l'élimination de cet alcaloïde par l'urine, et c'est ainsi que, même dans le cas particulier et plus simple de l'animal neuf, il est difficile, en se basant sur les travaux des divers auteurs, de se faire une opinion à ce sujet. Orfila et son élève Castaing ont affirmé cette élimination; mais, dès 1868, Erdmann l'a niée, puis Jaques (1880), Landsberg, Dometh ont confirmé l'opinion de ce dernier auteur; mais, d'autre part, Kauzmann, puis Lliassow (1882), Marmé (1883), Stolnikoff (1884) ont, au contraire, affirmé la présence constante de la morphine dans l'urine. Plus récemment Totze (1903) a repris l'étude de cette question et a montré que l'émonctoire rénal assurait l'élimination de cet alcaloïde pour une faible part (4 à 6 pour 100 de la morphine injectée). Mais, en 1905, Bettink, chez l'homme, il est vrai dans un cas d'intoxication aiguë et mortelle, n'a pu déceler la moindre trace de morphine dans l'urine. Sans chercher à nous expliquer la cause de ces divergences, qui tient peut-être à des erreurs de technique, à des questions de doses ou à toute autre condition d'ordre expérimental, nous nous sommes proposé de résoudre la question de l'élimination urinaire de la morphine chez l'animal neuf et après une administration unique d'alcaloïde à dose moyenne. Nous avons ensuite tenu à déterminer l'importance et le rythme de cette élimination, enfin nous avons recherché sous quelle forme chimique (morphine ou oxydimorphine) elle avait lieu. Il importait, pour résoudre de façon satisfaisante cet ensemble de questions, d'utiliser une méthode de dosage d'une exactitude et d'une sensibilité parfaites. A cet effet, nous avons choisi comme réactif le silicotungstate de soude ([1]).

([1]) GAB. BERTRAND, *Bull. Soc. chim.*, t. XXI, 1899, p. 434.

Technique du dosage de la morphine et de l'oxydimorphine dans l'urine. — L'urine de l'animal en expérience est filtrée aussitôt émise et recueillie sur le chloroforme. Au moment du dosage on acidifie par HCl, on chauffe au bain-marie pendant 1 heure, de façon à hydrolyser les dérivés conjugués de la morphine (¹). Après ce temps, on ajoute du silicotungstate de soude. Le silicotungstate d'alcaloïde précipite. On centrifuge, le liquide clair est additionné d'une nouvelle quantité de silicotungstate de soude. Après 24 heures, il s'est déposé un nouveau précipité; on centrifuge à nouveau. Les culots de centrifugation sont réunis, lavés à l'eau, centrifugés après chaque lavage.

Ce premier temps de l'opération donne à l'état de silicotungstate la totalité des alcaloïdes urinaires; il a l'avantage d'être moins pénible, moins long que n'importe quel épuisement par les solvants de la morphine, enfin d'être beaucoup plus exact.

Pour régénérer la morphine de sa combinaison silicotungstique, on délaie le précipité à froid dans une solution de CO^3Na^2; le précipité se dissout, on obtient un liquide clair, qu'on évapore à sec à basse température. Ce résidu est épuisé par l'alcool amylique ammoniacal, jusqu'à ce que l'alcool du dernier épuisement ne donne plus les réactions de la morphine ou de l'oxydimorphine. Les alcools amyliques d'épuisement sont réunis, filtrés, distillés dans le vide à basse température. On obtient un résidu constitué par la totalité de l'alcaloïde cherché (oxydimorphine et morphine).

La séparation de la morphine et de l'oxydimorphine est effectuée par la méthode de Bougault (²) (Transformation des alcaloïdes en tartrates, puis séparation à l'état de sulfates.)

Ce procédé de dosage nous a toujours donné des résultats très exacts; de plus, il est d'une très grande sensibilité, puisque, dans des expériences de contrôle, nous sommes parvenu à retrouver en totalité $0^g,003$ de chlorhydrate de morphine introduits dans 250^{cm^3} d'urine.

Nos recherches ont été effectuées sur le lapin, elles nous ont permis de conclure.

L'injection intramusculaire de $0^g,15$ de chlorhydrate de morphine par kilogramme d'animal est, chez le lapin, toujours suivie d'une élimination urinaire de l'alcaloïde en nature.

Moins d'une heure après l'injection, on voit déjà apparaître l'alcaloïde dans l'urine, le maximum de l'élimination est atteint de la deuxième à la quatorzième heure.

L'élimination est généralement terminée en 72 heures. Après ce temps,

---

(¹) Nous ne nous sommes en effet pas préoccupé d'étudier ces combinaisons.

(²) BOUGAULT, *Journal de Pharmacie et de Chimie*, 1902, p. 49.

on constate qu'il s'est éliminé à l'état d'alcaloïde en nature, libre ou combiné, en moyenne 4 pour 100 de la morphine injectée (¹).

L'élimination à l'état d'oxydimorphine est extrêmement faible dans le produit de séparation obtenu par la méthode de Bougault; nous n'avons pu caractériser la présence de cette dernière que par la réaction de Marquis. Cette réaction a dans tous les cas été positive, mais dans aucun cas il ne nous a été possible de déceler des quantités d'oxydimorphine susceptibles d'être dosées avec des garanties suffisantes d'exactitude.

En résumé, la morphine injectée, par voie intramusculaire, chez un lapin n'ayant jamais reçu d'injection antérieure, est toujours, mais pour une faible part, éliminée par le rein, et la morphine dans ce cas est à l'état d'alcaloïde, n'ayant subi aucune transformation; c'est tout au plus si l'on trouve des traces d'oxydimorphine.

GÉOLOGIE. — *Les huit phases éruptives du volcan de Côme (chaîne des Puys). Un puits profond à travers les coulées de lave de ce volcan.* Note de M. **Ph. Glangeaud**, présentée par M. Pierre Termier.

L'examen des volcans récents, tels que ceux de la chaîne des Puys, aux éruptions desquels l'homme paléolithique a assisté, ne permet pas, en général, de reconstituer toutes les phases de leur édification, car les dernières coulées et projections recouvrent et masquent très fréquemment les coulées et projections antérieures.

J'ai montré récemment, toutefois, que le Puy de Côme, le plus grand volcan à cratère de la chaîne des Puys, avait émis quatre coulées distinctes au point de vue topographique et pétrographique, car elles étaient *emboîtées* les unes dans les autres, à Pontgibaud, par suite d'érosions successives de la Sioule.

M. Michelin, le grand industriel clermontois, vient de terminer des recherches complétant les observations précitées et permettant de reconstituer quatre nouvelles phases éruptives du Puy de Côme.

Ces recherches, qui ont duré 18 mois et ont coûté près d'un demi-million, ont été faites à 900^{m} en amont de Pontgibaud, et à 7^{km} du cratère, dans la partie la plus

(¹) Totze indique 4 à 6 pour 100, mais il ne paraît pas avoir attendu la fin de l'élimination, et, d'autre part, les doses injectées sont beaucoup plus fortes que les nôtres, de sorte que, par rapport à la dose totale qu'il a injectée, son chiffre d'élimination est probablement un peu faible.

rétrécie d'une ancienne vallée affluente de la Sioule, remblayée entièrement par les coulées du Puy de Côme. Elles avaient pour but de capter le cours d'eau souterrain circulant à la base des coulées, en suivant le fond de l'ancien thalweg de la vallée quaternaire ([1]).

On creusa d'abord un puits vertical qui atteignit le flanc du thalweg gneissique de l'ancienne vallée à 28^m de profondeur, après avoir traversé *trois coulées de labradorite*, alternant avec des projections remaniées, puis on suivit, en galerie jusqu'au fond, le flanc du thalweg lui-même, ce qui permit d'observer, sur une hauteur totale de 45^m, *quatre coulées basaltiques* alternant avec des cendres et des projections.

La coulée inférieure repose sur une nappe alluviale (à galets très roulés de granite, gneiss et quartz) antérieure aux premières éruptions. Le flanc de la quatrième coulée basaltique recouvre également un méplat alluvial qui paraît bien correspondre à un *cycle d'érosion* plus ancien.

Il existe encore une autre coulée de labradorite (8e coulée), non intéressée par les puits, mais traversée par la ligne de chemin de fer, de sorte que les huit coulées de Côme, les projections volcaniques et les alluvions ont comblé la vallée affluente de la Sioule sur 80^m de haut.

Deux coulées inférieures de basalte ont envahi la vallée de la Sioule, sur près de 3^{km}, contribuant au barrage de Pontgibaud et dépassant le village de Peschadoires où je les avais signalées. Les autres coulées basaltiques, de moindres dimensions, n'ont pas atteint Peschadoires, de même que les deux coulées inférieures de labradorite. Seules, la septième et la huitième coulée sont descendues dans la vallée jusqu'à l'étang de Peschadoires. C'est à travers ces dernières laves qu'émergent les belles sources de ce village, provenant en partie de la vallée de Côme, ainsi que l'ont montré les colorations à la fluorescéine.

La coulée supérieure de labradorite de Côme est recouverte en partie au Nord par les dernières laves (labradorites) du volcan de Louchadière qui ont *débordé* par-dessus le thalweg de la vallée affluente et culminent les coulées de Côme de 25^m à 30^m.

L'ensemble des coulées de Louchadière est donc plus puissant que celui de Côme, puisqu'il atteint une épaisseur d'environ 110^m. Ces chiffres sont plus considérables que ceux qui étaient connus jusqu'ici.

Les laves du Puy de Côme oscillent des *labradorites augitiques et péri-*

([1]) M. Bourdeau, ingénieur, directeur des travaux, m'a obligeamment fourni des renseignements sur place.

dotiques, étudiées par Michel Lévy, aux *basaltes limburgitiques*, en passant par les *labradorite-basaltes*, les *basaltes feldspathiques* et *porphyroïdes*.

La composition du magma profond correspondant au volcan de Côme a donc peu varié suivant les éruptions.

Les résultats qui précèdent, ainsi que ceux qui ont été signalés à propos du sondage de M. Legay-Chevalier à travers les laves du volcan de la Nugère (60^m de profondeur), montrent que certains volcans à cratère de la chaîne des Puys ont eu un *assez grand nombre de périodes d'activité*, séparées par des *phases de repos*, pendant lesquelles les Mammifères de l'époque (Bœufs, Cerfs, et probablement le Renne et l'Homme) pouvaient parcourir les coulées refroidies.

B. Brunhes et David, étudiant le magnétisme des argiles cuites par les laves, ont évalué à 450 ans la période de repos comprise entre deux éruptions du Petit Puy de Dôme.

L'étude du Puy de Côme, qui est un des volcans les plus instructifs du Massif central, par le nombre de ses phases éruptives et ses périodes de repos marquées par les ravinements successifs de ses coulées, permet donc d'ajouter aux données ci-dessus que l'*édification des volcans de la chaîne des Puys a duré plusieurs milliers d'années*, sans qu'on puisse pour l'instant préciser davantage.

ARCHÉOLOGIE. — *Beynes aux temps préhistoriques.* Note de M. **Aubert**.

Pendant le courant de l'année 1911-1912, des ouvriers exécutaient des travaux de terrassement et d'extraction de pierres à Beynes (Seine-et-Oise), au lieudit La Croix-Verte.

Ce site, aujourd'hui beaucoup plus élevé que le cours actuel de la Mauldre, renferme des lits de graviers, de cailloux et de sables, déposés par la rivière à l'époque quaternaire, et dont l'épaisseur atteint $3^m,50$; au-dessous de ces lits de graviers, on a rencontré un banc épais de sable fin et sec de couleur blanche, avec intercalations de lits noirâtres; on l'a traversé sur 6^m d'épaisseur sans trouver le fond.

A 3^m de profondeur, dans le lit de graviers, on a trouvé de nombreuses haches et silex taillés, du type de Saint-Acheul et de Chelles; ces haches ont de belles formes régulières; si quelques-unes sont de petites dimensions, la majeure partie sont longues et bien taillées, principalement à la pointe. Quelques couteaux, des nucléus, deux percuteurs et de nombreux éclats ont été trouvés dans ce lit de graviers.

Les haches sont, en majeure partie, tirées du silex provenant de la Croix, une est en calcaire grossier de la Beauce, une autre en grès bleu. Quelques morceaux de silex brut sont craquelés par le feu, et des débris de cendres se trouvaient mélangés aux graviers.

Dans ce lit de terrain, j'ai découvert, comme ossements fossiles, les débris d'une côte et un ossement malheureusement en très mauvais état de conservation, paraissant appartenir au Mammouth (*Elephas primigenius*).

Dans un lit de graviers, à 2^m plus haut, j'ai mis à découvert trois pointes du Moustier, des débris de cendres et quelques pierres brutes ayant subi l'action du feu.

A $3^m,50$ de profondeur, tout à fait en dessous du banc de graviers, dans le banc de sable blanc, j'ai souvent mis à jour, dans des cuvettes de limon jaune, de nombreux ossements très bien conservés et provenant d'un très petit animal. Je suis parvenu à en reconstituer un squelette entier ayant $0^m,60$ de longueur et $0^m,27$ de hauteur.

Des recherches faites par moi au Muséum d'Histoire naturelle de Paris m'ont fait reconnaître un *Arctomys marmotta*, bien que la taille du squelette que j'ai découvert soit beaucoup plus forte que celui découvert à Cœuvre (Aisne) par M. l'abbé Breuil, et conservé au Muséum. Les marmottes devaient être en très grande quantité à ces époques lointaines.

En résumé, on observe en ce point un gisement et des ateliers des trois époques quaternaires à un niveau plus élevé que le fond actuel de la vallée, avec ossement d'*Elephas primigenius* et silex taillés, et au-dessous des ossements d'*Arctomys marmotta*.

Cette découverte est importante pour l'étude de la vallée de la Mauldre.

M. **Jean Huttern** adresse un Mémoire intitulé : *Hydrodynamique* (*théorie nouvelle*).

(Renvoi à l'examen de MM. Boussinesq et Hadamard.)

M. J. **Grialou** adresse un Mémoire intitulé : *Déversoir en mince paroi.*

(Renvoi à l'examen de MM. Boussinesq et Léauté.)

A 4 heures et demie, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Commission chargée de dresser une liste de candidats pour la troisième place de Membre non résident, créée par le Décret du 17 mars 1913, présente, par l'organe de M. F. Guyon, Président de l'Académie, la liste suivante :

En première ligne	M. **Bazin**, à Chenôve ;
En deuxième ligne, par ordre alphabétique.	MM. **Depéret**, à Lyon ; **P. Duhem**, à Bordeaux ;
En troisième ligne, par ordre alphabétique.	MM. **E. Cosserat**, à Toulouse ; **H. Fabre**, à Sérignan ; **Gosselet**, à Lille.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 5 heures.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 21 avril 1913.

Annales du Bureau central météorologique de France, publiées par M. A. Angot : Année 1908. I : *Mémoires*. — Année 1910. III : *Pluies*. Paris, Gauthier-Villars, 1912-1913; 2 vol. in-4°.

Ministère de la Marine. *Annuaire de la Marine pour* 1913. Paris, Imprimerie nationale, 1913; 1 vol. in-8°.

Tables annuelles de constantes et données numériques de Chimie, de Physique et de Technologie, publiées sous le patronage de l'Association internationale des Académies par le Comité international nommé par le VII[e] Congrès de Chimie appliquée; Secrétaire général : Ch. Marie; Vol. II, année 1911. Paris, Gauthier-Villars, 1913; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Lippmann.)

Mémoires du Service géologique de l'Indo-Chine; Vol. I : *Étude géologique du Yun-nan oriental*, par J. Deprat et H. Mansuy; texte, atlas et carte. — *Mission du Laos*, par H. Mansuy. — *Contribution à la Géologie du Tonkin*, par H. Mansuy. Hanoï-Haïphong, imprimerie d'Extrême-Orient, 1912; 4 fasc. de texte, 1 fasc. de planches et 1 carte pliée, in-4°. (Présenté par M. Douvillé.)

Rapport sur les travaux du Bureau central de l'Association géodésique internationale en 1912, *et programme des travaux pour l'exercice de* 1913. Leyde, E.-J. Brill, 1913; 1 fasc. in-4°.

L'industrie des pêches sur la côte occidentale d'Afrique, du cap Blanc au cap de Bonne-Espérance, par A. Gruvel. Paris, Émile Larose, 1913; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Bouvier.)

Annali di Matematica pura e applicata; 3[e] série, t. XX, aprile 1913. Dedicato alla memoria di Lagrange. Milan; 1 vol. in-4°.

Resebeskrifningar af Emanuel Swedenborg under åren 1710-1739, utgifna af Kungl. Vetenskapsakademien den 19 november 1910. Upsal, Almqvist et Wiksell, 1911; 1 vol. in-4°.

Boletin del Instituto geologico de Mexico; n° 29 : *Faunes jurassiques et crétaciques de San-Pedro del Gallo*, par Carlos Burckhardt; Atlas : Planches I-XLVI. Mexico, 1912; 1 vol. in-4°.

Ouvrages reçus dans la séance du 28 avril 1913.

Institut de France. Académie des Sciences. *Projet de résolution présenté à la cinquième Assemblée générale de l'Association internationale des Académies, sous la direction de l'Académie impériale des Sciences de Saint-Pétersbourg*, 1913. Paris, Gauthier-Villars; 1 feuille in-4°.

Association géodésique internationale. *Rapport sur les travaux du Bureau central pendant les 50 premières années de l'Association géodésique internationale*, par F.-R. Helmert. Leyde, E.-J. Brill, 1913; 1 fasc. in-4°.

Étude photographique des diamètres polaire et équatorial du Soleil, 1905 *à* 1910, par Stanislas Chevalier. (Extr. des *Annales de l'Observatoire de Zô-Sè.*) Chang-haï, s. d.; 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. Baillaud.)

Flore générale de l'Indo-Chine, publiée sous la direction de M. H. Lecomte; t. II, fasc. 2, p. 57-216. *Légumineuses : Mimosées et Cœsalpinées*, par F. Gagnepain. Paris, Masson et Cie, mars 1913; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Mangin.)

La méthode photographique opératoire par l'automatisme, par Ch. Gravier. Paris, Bureau du *Moniteur de la Photographie*, s. d.; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Lippmann.)

La réforme du Calendrier : Le calendrier universel, par Paul Delaporte; Préface de Camille Flammarion. Paris, H. Le Soudier, 1913; 1 fasc. in-8°.

A propos de ceux qui s'opèrent eux-mêmes, par Jules Regnault. (Extr. du *Bulletin de l'Académie du Var*, 1912.) Toulon, A. Bordato, 1913; 1 fasc. in-8°.

Meteorologische Beobachtungen auf der Hamburger Sternwarte in Bergedorf in den Jahren 1910, 1911 *und* 1912, herausgegeb. vom Direktor Dr R. Schorr. Hambourg, 1913; 2 fasc. in-4°.

Royal Observatory, Hongkong. *Meteorological observations made in the year* 1912; with two plates. *Monthly meteorological Bulletin;* January and February, 1913. Hongkong, 1913; 3 fasc. in-4°.

Icones plantarum Formosanarum nec non et contributiones ad Floram Formosanam, auctore B. Hayata; fasc. II. Gouvernement de Formose, octobre 1912; 1 vol. in-8°.

Proceedings of the Royal physical Society for the promotion of Zoology and other branches of natural History; t. XIX, n° 1, p. 1-16. Édimbourg, avril 1913; 1 fasc. in-8°.

Annaes scientificos do Academia polytechnica do Porto; t. VIII, n° 1. Coïmbre, 1913; 1 fasc. in-8°.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 MAI 1913.

PRÉSIDENCE DE M. F. GUYON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'en raison des fêtes de la Pentecôte, la séance du lundi 12 mai est renvoyée au mardi 13.

M. le **Ministre de l'Instruction publique** adresse ampliation du Décret qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. *Paul Sabatier* pour remplir l'une des places de Membres non résidents créées par le Décret du 17 mars 1913.

Il est donné lecture de ce Décret.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Le fluor dans l'organisme animal. — A. Peau et ses appendices*. Note de MM. **Armand Gautier** et **Paul Clausmann**.

Il est des éléments, tels que le sodium, le potassium, le calcium, le soufre, le phosphore, qui se rencontrent dans toutes les parties du végétal ou de l'animal; toutefois, ils ne sont localisés que sur quelques points et ce n'est que par de nombreuses séries d'observations et de dosages qu'on est parvenu à reconnaître par cette localisation leur rôle spécifique.

La suite des recherches dont nous commençons aujourd'hui la publication montrera qu'il en est de même du fluor. On le trouve partout, comme le phosphore ou le soufre, dans les organes de la plante ou de l'animal, mais il y est très spécialement condensé, comme on va le voir, dans quelques organes, et cette localisation pourra permettre de définir le rôle, jusqu'ici entièrement inconnu, qu'il joue chez les êtres vivants.

Ce problème n'avait pu être encore abordé parce qu'on ne savait ni retrouver ni doser avec certitude les très petites quantités de fluor.

Il y a près d'un an, nous faisions connaître à l'Académie une méthode qui résout ce desideratum dans les cas les plus divers : eaux minérales ou potables, minéraux et roches, organes végétaux ou animaux ([1]). Cette méthode, que nous avons soumise, dans chacun de ces cas, à un contrôle très rigoureux ([2]) est fondée sur cette propriété par nous reconnue, que les précipités (sulfates, phosphates, et même carbonates) calciques, magnésiens et surtout barytiques entraînent le fluor au sein des liqueurs neutres.

S'il s'agit de matières animales ou végétales, celles-ci doivent être au préalable lentement incinérées à 500° ou 600° en présence de 1 à 1,5 pour 100 de chaux vive et pure jusqu'à disparition complète de toute matière charbonneuse. Le fluor est ensuite recherché dans les cendres qui doivent rester alcalines et ne pas fondre. Il est ensuite transformé successivement en fluorure de potassium, puis en fluorure de plomb, que l'on dose au colorimètre. On peut répondre du $\frac{1}{10}$ de milligramme dans 100 grammes de tissu.

De même qu'on peut rencontrer le fluor un peu partout dans les terres et les roches, mais qu'il s'accumule seulement dans quelques minéraux, de même nous avons reconnu qu'on trouve de très faibles quantités de fluor dans la plupart des tissus, mais il ne se localise très nettement que dans certains d'entre eux.

Quelques auteurs ont déjà tenté de rechercher et doser le fluor dans les divers organes. On sait que Berzélius le découvrait dans les os et dans l'émail des dents en 1818. En 1887, G. Tammann ([3]) et après lui Brandl et Tappeiner, puis Jodlbauer ([4]), Zdarek ([5]), essayèrent de déterminer, et même de doser le fluor dans l'œuf, le cerveau, les os, le foie, la peau, le lait, le sang. Mais les résultats ainsi obtenus, chaque fois en très petit nombre et par des méthodes différentes, incertaines, peu sensibles, mal contrôlées, n'ont conduit ces auteurs à aucune conclusion ([6]).

La détermination du rôle du fluor chez les êtres vivants reste donc un problème nouveau qu'on ne pouvait aborder qu'à l'aide d'une méthode

---

([1]) *Comptes rendus*, t. **154**, p. 1469 et 1670.

([2]) *Comptes rendus*, t. **154**, p. 1753.

([3]) *Zeitsch. f. physiol. Chem.*, t. XII, p. 322.

([4]) *Zeitsch. f. Biologie*, t. XXVIII, 1899, p. 518, et t. XLIV, 1905, p. 259.

([5]) *Zeitsch. f. physiol. Chem.*, t. LXIX, 1910, p. 127.

([6]) Les belles recherches de M. A. Carnot sur le fluor dans les os modernes et fossiles, travail fort important, ne traite que de ce tissu seulement (voir *Annales des Mines*, 1er vol., 1893; *Comptes rendus*, t. **114**, p. 1189, et t. **115**, p. 243).

précise. Aussi dans ce domaine inconnu où l'on était sans jalons et sans guide, il a fallu, sans s'arrêter à aucune hypothèse, examiner successivement, au point de vue de leur richesse en fluor, chacun des tissus et des organes, souvent même y doser comparativement d'autres éléments, travail long et difficile dont nous commençons aujourd'hui l'exposé. Ce premier mémoire est spécialement consacré à la peau et ses appendices.

PEAU ET SES APPENDICES.

I. Peau. — La peau de l'animal est privée d'abord par ébouillantage et raclage de ses parties accessoires, poils et graisse sous-dermique. Elle est ensuite séchée par exposition suffisante à l'air, puis pesée (*Tissu frais*). On la déchiquette alors et sèche à l'étuve à 120°-130° (*Tissu sec*); on l'additionne ensuite de 1,5 pour 100 de chaux vive pure qu'on éteint; on sèche, pulvérise et passe au moufle à la température du rouge à peine naissant. Le fluor est dosé dans les cendres ainsi obtenues comme il a été dit lors de l'exposé de notre méthode ([1]). Ces cendres ne doivent pas fondre.

Tous les nombres de ce Mémoire relatifs au fluor sont exprimés en milligrammes et rapportés à 100 grammes de matière à l'*état frais* et à l'*état sec*.

	Fluor pour 100g.	
a. Peau humaine :	*Tissu frais.*	*Tissu sec.*
Peau de la cuisse d'un homme de 23 ans, supplicié, en pleine santé	mg 1,90	mg 4,50
P^2O^5 : 0,31 pour 100 de peau sèche ;		
» 0,13 » » fraîche.		
Peau enlevée à l'épigastre d'une femme de 54 ans, tuberculeuse	1,60	4,00
P^2O^5 : 0,20 pour 100 de peau sèche ;		
» 0,08 » » fraîche.		
Peau d'une enfant naissant, sexe féminin :		
Pris une lanière de peau sur les flancs, pesant, à l'état frais, 49g,20 ... *Fluor*	mg 0,666	mg 1,276
b. Peau de veau :		
Veau de 2 mois et demi; peau préalablement bien épilée...	0,32	0,84
Veau naissant; peau bien épilée ... *Fluor*	0,50	1,96
c. Peau de porc :		
Porc de 1 an, ébouillantée, épilée, raclée.... *Fluor*	0,48	1,07

([1]) *Comptes rendus*, t. 154, p. 1469 et 1670.

On voit se dessiner ici cette règle que le fluor accompagne le phosphore et augmente avec lui, pour les mêmes organes, sans lui être cependant proportionnel.

Il semble plus abondant, à l'âge adulte, dans la peau humaine que dans celle des animaux.

Passons maintenant aux productions annexes de la peau.

II. Épiderme; carapaces; émail dentaire.

a. Épiderme. — La pellicule épidermique recueillie par brossage spécial à la surface de la peau d'un homme bien portant de 70 ans se présentait sous forme de fines écailles légèrement grisâtres, imputrescibles, se tassant sous la pression du doigt. On opéra sur $2^g,62$ de cette substance. Elle perdait, à 120 degrés, 11,2 pour 100 d'eau :

	État frais.	État sec.
	mg	mg
Fluor pour 100^g	14,6	16,4

P^2O^5 pour 100 d'épiderme sec : $0^g,13$.

b. Écailles de Pangolin Manis (Édenté).

Écailles en éventail s'imbriquant et formant carapace.

Pour 100^g d'écailles .... *Fluor*	17,5	19,9

c. Carapace dermique de Tatou (*Dasypus minutus*).

(97 pour 100 d'eau) .... *Fluor*	20,5	22,8

d. Écailles de poisson.

Alose pêchée en avril. Les écailles forment une jolie matière élastique, presque transparente à l'état humide. On la lave à l'eau légèrement ammoniacale, puis à l'eau pure. Elle laisse 34 pour 100 de cendres bleutées et comme irisées.

Fluor pour 100^g *d'écailles*	48,6	59,9
Pour 100^g de cendres d'écailles ...... *Fluor*	»	143,0

P^2O^5 : 19,2 pour 100 d'écaille sèche;
» 46,0 » de cendres d'écailles.

Ces cendres d'écailles de poisson sont presque uniquement formées de phosphate tribasique de chaux avec un peu de phosphate de magnésie, fluorures et traces de carbonate alcalino-terreux. Nous rapprochons ici leur analyse de celle de la cendre d'os de bœuf, d'après M. A. Carnot :

	Cendres d'écailles d'alose.	Cendres d'os de bœuf.
$(PO^4)^2Ca^3$	98,38	85,73
$(PO^4)Mg^3$..............	1,79	1,53
CaF....................	0,29	0,45
CO^3Ca	traces	11,96
Chlorures..............	nul	0,30
SO^3.....................	très petite quantité	indéterminé
Fe^2O^3..................	nul	traces

Ainsi, sauf la présence de carbonates dans le tissu osseux (ils y sont d'ailleurs à dose très variable), on voit la très grande analogie des cendres d'os et des cendres d'écailles de poisson, ce que confirme aussi l'examen histologique.

La légère coloration bleue de ces cendres d'écailles d'Alose ne tenait ni au cuivre ni au manganèse, mais très probablement à un peu de bleu d'outremer formé durant l'incinération.

Au point de vue de leur richesse en fluor, toutes ces productions épidermiques ont donc une grande analogie entre elles, sauf l'écaille de poisson qui se rapproche beaucoup de l'os, et aussi, comme on va le voir, de l'émail dentaire, par sa grande quantité de fluor et sa composition.

e. Émail dentaire :

Émail de dents de chiens. — Cet émail était retiré de la couronne des dents qu'on chauffait brusquement pour la faire éclater. On détachait alors la lame d'émail et l'on tenait compte de la petite perte qu'il subit à cette température en le comparant à la perte d'une faible quantité du même émail détaché à la lime ou au ciseau.

	Organe frais.	Organe sec.
Émail des canines d'un jeune chien de 1 an.... *Fluor.*	166 mg	172 mg
Émail des canines d'un bouledogue de 7 à 8 ans. *Fluor.*	116	118

Émail de dents d'hippopotame.

Cet émail est particulièrement intéressant parce qu'ayant $2^{mm},5$ à 3^{mm} d'épaisseur, on peut le séparer mécaniquement avec assez de facilité. Il est d'apparence porcelanique et raye faiblement le verre. Il contient 1,68 pour 100 d'eau.

Fluor pour 100^g	177,7	180,7

On remarquera que l'émail des dents de jeune chien est notablement

plus riche en fluor que celui d'un chien d'âge mûr. Nous retrouverons cette diminution du fluor dans d'autres organes en train de dégénérer, en particulier, comme on va le voir, dans les cheveux blancs. Le fluor paraît généralement diminuer partout à partir de l'âge adulte.

III. Cheveux et poils.

a. Cheveux. — Nous avons dosé le fluor dans les cheveux et poils, diversement colorés, de l'homme et des animaux à divers âges.

		Organe frais.	Organe sec.
		mg	mg
Cheveux noirs d'un jeune homme de 16 ans..	*Fluor*...	15,0	17,2
Cheveux blonds d'un jeune homme de 22 ans.	*Fluor*...	11,3	13,0
Cheveux châtains gris d'un homme de 74 ans.	*Fluor*...	5,32	6,10

Nous voyons ici, comme pour l'émail, le fluor diminuer notablement avec l'âge.

	État frais.	État sec.
	mg	mg
b. Poils. — Poils noirs d'un chien adulte, *Fluor pour* 100 *parties*	16,5	19,7
(P^2O^5 pour 100g de poils secs : 0g,34.)		
Poils gris blanc d'un chien plus âgé	7,5	8,9
(P^2O^5 pour 100g de ces poils blancs : 0g,13.)		

On voit le fluor diminuer encore ici avec l'avancement en âge et décroître avec le phosphore, ainsi qu'on l'a déjà fait remarquer à propos de la peau en particulier.

IV. Cornes; ongles; plumes; duvet.

		Tissu frais.	Tissu sec.
		mg	mg
a. Cornes. — Cornes de bélier de 4 ans....	*Fluor*...	1,9	2,4

On a pris pour le dosage la partie moyenne de la corne bien privée de toute pulpe (20,2 pour 100 d'eau).

b. Ongles humains, des deux sexes, mélangés, *fluor pour* 100g *d'ongles*	8,0	9,4

Ces ongles ont donné 15,1 pour 100 d'eau.
(P^2O^5 : 0g,12 pour 100 d'ongles à l'état frais.)

c. Plumes :

	Tissu frais.	Tissu sec.
	mg	mg
Tuyau de la plume (poule grise de 2 à 3 ans)	5,4	7,2
Barbe de la même plume	10,7	11,8
Tuyau de plume d'autruche (âge inconnu ; plume noire naturelle n'ayant subi aucune préparation) (¹)	4,4	5,0
Barbe de la même plume, pour 100^g	6,8	7,9

Ainsi par son fluor, le tuyau de la plume est l'analogue de l'ongle, alors que la barbe de ces plumes doit être rapprochée des cheveux et des poils.

		Organe.	
		État frais.	*État sec.*
		mg	mg
d. Duvet de canard,	*fluor pour* 100^g *de duvet*	8,9	9,8

Par leur fluor, les poils, cheveux, duvets, écailles, ongles, carapaces semblent donc devoir être rapprochés du tissu épidermique. L'émail et la corne s'en éloignent sensiblement, l'un par sa richesse en fluor, l'autre par sa pauvreté.

Des rapprochements significatifs se produiront ainsi peu à peu à mesure que nous examinerons les divers organes. On a vu que nous avions été déjà amenés, contrairement à ce qu'on aurait pu supposer *a priori*, à rapprocher les écailles de poisson du tissu osseux.

Ce n'est que d'un grand nombre d'analyses précises s'adressant aux différents organes ou tissus que peuvent résulter ces constatations imprévues. Aussi, tout en nous laissant guider par les analogies apparentes, anatomiques ou physiologiques, devons-nous tout examiner sans parti pris si nous voulons ne pas laisser échapper les faits et rapprochements peut-être les plus suggestifs. C'est ainsi que nous avons étendu peu à peu le minutieux travail dont nous publions aujourd'hui les premiers constats.

Nous ferons prochainement connaître ce qui est relatif à l'os, au cartilage et au tissu élastique.

(¹) Due à l'obligeance de M. Ducloux, Directeur de l'Institut d'élevage Arloing, à Tunis.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre non résident.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 52,

M. Bazin	obtient	34	suffrages
M. Depéret	»	7	»
M. P. Duhem	»	6	»
M. H. Fabre	»	2	»
M. Gosselet	»	2	»
M. Stéphan	»	1	suffrage

M. **H. Bazin**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. **Gouy**, présenté pour la deuxième place de Membre non résident, remercie l'Académie de l'honneur qu'elle a bien voulu lui faire.

M. **E. Schwoerer**, élu Correspondant pour la Section de Mécanique, adresse des remercîments à l'Académie.

M. **J. Renaut** fait part à l'Académie de l'intention qu'il a de poser sa candidature à une des places récemment créées de Membre non résident.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Le Tome XIV et dernier de la *Flore de France*, par Georges Rouy. (Présenté par M. Guignard.)

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur les températures effectives des étoiles.* Note de M. **Charles Nordmann**, présentée par M. J. Violle.

M. Rosenberg a publié récemment (*Astronomische Nachrichten*, n° 4628, p. 360-370) les résultats de mesures des températures effectives des étoiles qu'il a réalisées depuis quelques années à l'Observatoire de Göttingue. Ces mesures ont porté sur 70 étoiles et elles sont basées sur les déterminations des intensités dans le spectre photographique de ces étoiles au moyen de la méthode dite *photométrie par noircissement* de M. Schwarzschild. Parmi les étoiles étudiées à Göttingue, il en est un certain nombre dont j'avais antérieurement déjà déterminé les températures effectives (*Comptes rendus*, t. 149, p. 1038, et t. 152, p. 73). La méthode de M. Rosenberg étant fort différente de celle que comporte l'emploi de mon photomètre stellaire hétérochrome et s'appliquant à la partie photographique des spectres stellaires tandis que la mienne s'applique aux rayons visuels, il est intéressant, à divers égards, de comparer les résultats obtenus par les deux procédés, pour les étoiles communes à la liste de M. Rosenberg et à la mienne. Le Tableau suivant donne le résultat de cette comparaison.

	Température effective (en degrés absolus).		
Nom de l'étoile.	Méthode de Nordmann portant sur les radiations de $460^{m\mu}$ à $630^{m\mu}$.	Méthode de Rosenberg portant sur les radiations de $400^{m\mu}$ à $500^{m\mu}$.	Type spectral d'après Lockyer.
δ Persée	18500	15500	Algolien
ε Persée	15200	23000	Crucien
β Persée (Algol)	13300	12000	Algolien
α Lyre (Véga)	12200	22000	Sirien
α Persée	8300	6500	Polarien
α Petite Ourse (Polaire)	8200	5200	Polarien
α Petit Chien (Procyon)	6800	7000	Procyonien
γ Cygne	5620	5100	Polarien
Soleil	5320	4950	Arcturien
α Cocher (Chèvre)	4720	4500	Arcturien
β Andromède	3700	2650	Antarien
α Taureau (Aldébaran)	3500	2150	Aldébarien

Si l'on met à part α Lyre, l'accord entre les deux séries de nombres est aussi bon qu'on pouvait l'espérer (pour certaines étoiles il est même remarquable), et les discordances sont de l'ordre des erreurs expérimentales. Je rappelle que, comme je l'ai montré antérieurement (*loc. cit.*), l'erreur

probable relative est proportionnelle à la température mesurée; c'est-à-dire que d'environ 8 pour 100 dans le cas du Soleil, autrement dit de l'ordre de 500°, elle devient de 24 pour 100 dans le cas d'une étoile qui, comme δ Persée, a une température effective environ triple de celle du Soleil, ce qui correspond pour cette étoile à une erreur probable voisine de 4000°.

Le bon accord entre les nombres des deux séries tend donc à prouver, puisque les déterminations ont été faites en des régions très différentes du spectre, que *les étoiles étudiées rayonnent sensiblement comme des corps noirs d'une extrémité à l'autre de leurs spectres*. Seule α Lyre s'écarte notablement de cette règle et il y aura lieu de rechercher d'où peut provenir la discordance assez forte qui existe entre le nombre de M. Rosenberg et le mien. On peut supposer qu'elle provient de l'absorption sélective de l'atmosphère de cette étoile. J'ai montré en effet (*Comptes rendus*, t. 150, p. 448) que la température effective du Soleil, à cause de l'effet de son atmosphère, se trouve un peu différente suivant qu'on la détermine au moyen des rapports d'intensité dans telle ou telle région de son spectre. La grandeur de cet effet peut sans doute être considérable dans certaines étoiles, et les discordances telles que celles que nous signalons pour α Lyre seront peut-être de nature à nous renseigner sur la valeur des pouvoirs absorbants atmosphériques de ces étoiles.

Parmi les astres du Tableau précédent, l'un, β Persée, mérite d'être mis à part. Tandis que mon pyromètre stellaire avait conduit à lui assigner une température effective de 13300°, M. Rosenberg a trouvé, par sa méthode, 12000°. D'autre part, en partant de l'éclat intrinsèque de cette étoile, tel qu'on le déduit de ses éléments orbitaux, j'en avais antérieurement (*Bulletin astronomique*, mai 1910), par un procédé complètement indépendant des deux autres, conclu le nombre 13800°. Cette triple concordance est remarquable, et la température effective d'Algol peut sans doute maintenant être considérée comme un des résultats les mieux établis de la pyrométrie stellaire.

Il est d'ailleurs à noter que les nombres obtenus par M. Rosenberg comme les miens montrent que si l'on range les étoiles étudiées par ordre de températures ascendantes, elles deviennent de plus en plus chaudes lorsqu'on passe des types *Aldébarien* et *Antarien* aux étoiles à hélium, ce qui est conforme à la classification thermique que Sir Norman Lockyer avait déduite de l'étude qualitative des spectres stellaires.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil, faites à l'Observatoire de Lyon, pendant le premier trimestre de* 1913. Note de M. **J. Guillaume**, présentée par M. B. Baillaud.

Le nombre des jours d'observations dans ce trimestre a été de 65 et voici les principaux faits qui s'en déduisent :

Taches. — Par rapport au dernier trimestre de 1912, les taches ont diminué tant en nombre qu'en étendue; on a, en effet, enregistré 4 groupes au lieu de 6, avec une aire totale de 128 millionièmes au lieu de 293.

La répartition des groupes de taches est semblable (II) de part et d'autre de l'équateur et leur latitude moyenne, dans l'ensemble, est de —24°,0 et +23°,5.

La présence de deux groupes aux latitudes élevées de +32° et —36°, en février et mars, respectivement, confirme (¹) l'entrée dans un nouveau cycle d'activité des phénomènes de la surface solaire.

Les jours *sans taches* ont encore augmenté (52 au lieu de 41), d'où il résulte un nombre proportionnel trimestriel de 0,80 au lieu de 0,69.

Régions d'activité. — Malgré un nombre de groupes plus élevé d'un quart (41 au lieu de 33), l'aire totale des facules est inférieure d'un tiers, environ, à celle du trimestre précédent, avec 13,1 millièmes au lieu de 17,4.

Dans leur répartition entre les deux hémisphères, on note 13 groupes au Nord au lieu de 14, et 28 au Sud au lieu de 19.

Tableau I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes S.	Latitudes moyennes N.	Surfaces moyennes réduites.
		Janvier 1913. — 0,80.			
15	1	19,2	—12		67
17	1	21,1		+15	8
	20 j.		—12°	+15°	
		Février. — 0,70.			
21-27	7	23,6		+32	50
	23 j.			+32°	
		Mars. — 0,91.			
13-14	2	19,2	—36		3
	22 j.		—36°		

(¹) Voir les *Comptes rendus*, p. 1132, du présent Volume.

TABLEAU II. — *Distribution des taches en latitude.*

1913.	Sud. 90°. 40°.	30°.	20°.	10°.	0°.	Sud. Somme.	Nord. Somme.	0°. 10°.	20°.	30°.	40°.	90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Janvier......	»	»	»	1	»	1	1	»	1	»	»	»	2	75
Février......	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	1	»	1	50
Mars........	»	1	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	1	3
Totaux....	»	1	»	1	»	2	2	»	1	»	1	»	4	128

TABLEAU III. — *Distribution des facules en latitude.*

1913.	Sud. 90°. 40°.	30°.	20°.	10°.	0°.	Sud. Somme.	Nord. Somme.	0°. 10°.	20°.	30°.	40°.	90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Janvier......	1	»	»	2	4	7	5	1	»	3	1	»	12	6,5
Février.....	7	»	»	2	2	11	2	»	»	1	1	»	13	4,1
Mars........	7	1	»	»	2	10	6	2	3	»	1	»	16	2,5
Totaux....	15	1	»	4	8	28	13	3	3	4	3	»	41	13,1

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Quelques remarques sur le développement exponentiel de Cauchy.* Note (¹) de M. **Th. Anghelutza**, présentée par M. Émile Picard.

Considérons le développement de Cauchy

$$f(x) = -\sum \frac{\Psi(\lambda_i)}{\pi'(\lambda_i)} e^{\lambda_i x} \int_{x_0}^{x_1} e^{-\lambda_i \mu} f(\mu)\, d\mu,$$

où la fonction $f(x)$ est à variation bornée, les λ_i représentent les racines de $\pi(z)$ et les fonctions entières $\pi(z)$ et $\Psi(z)$ satisfont aux conditions suivantes : il existe un ensemble dénombrable de cercles $c_1, c_2, \ldots, c_n$, dont les rayons augmentent indéfiniment et telle que (l'argument de z étant compris entre $-\frac{\pi}{2}$ et $+\frac{\pi}{2}$, son module restant dans cette suite et augmentant indéfiniment) l'on ait

$$(1) \qquad \lim \frac{\Psi(z)}{\pi(z)} e^{z(x_1-x_0)} = l, \qquad \lim \left[1 - \frac{\Psi(-z)}{\pi(-z)}\right] e^{z(x_1-x_0)} = \mathrm{L} \qquad (x_1 > x_0),$$

(¹) Présentée dans la séance du 21 avril 1913.

et cela, *en général*, d'une manière uniforme par rapport à l'argument de z, l et L étant finis et différents de zéro [1].

La série de Fourier, qui en est un cas particulier, est une série périodique. Nous nous sommes proposé d'abord de chercher si cette propriété n'appartient pas à d'autres développements de Cauchy.

Pour ces développements on peut envisager la périodicité à deux points de vue : 1° les coefficients de $e^{\lambda_i x}$ ne changent pas quand on passe d'un intervalle au suivant; 2° les coefficients changent, mais de telle façon qu'en chaque intervalle le développement initial reste encore un développement de Cauchy.

Ceci étant, on trouve quel que soit n entier et positif :

$$\frac{\Psi(z)}{\pi(z)} = \frac{-1}{e^{az}-1} + \frac{p(z)}{q(z)}; \qquad \lim \frac{p(z)}{q(z)} e^{naz} = 0; \qquad \lim \frac{p(-z)}{q(-z)} e^{naz} = 0.$$

On voit donc que la série de Fourier n'est pas la seule série exponentielle qui soit périodique.

M. L. Féjer (*Math. Annalen*, t. LVIII) a prouvé que la série de Fourier est sommable par la méthode de la moyenne arithmétique. Nous voulons faire voir que la propriété reste vraie pour le cas où

$$\pi(z) = P(z)e^{az} + Q(z)e^{-az}, \qquad \Psi(z) = e^{-az}Q(z),$$

$P(z)$ et $Q(z)$ étant deux polynomes de même degré. Pour ce cas, qui comprend tous les développements rencontrés par Fourier, H. Poincaré a montré que les conditions (1) sont satisfaites (*Propagation de la chaleur*, p. 218).

Remarquons d'abord que si les fonctions entières $p(z)$ et $q(z)$ satisfont aux conditions

$$\lim z \frac{p(z)}{q(z)} e^{az} = l, \qquad \lim z \frac{p(-z)}{q(-z)} e^{az} = L,$$

les autres parties des conditions (1) étant aussi remplies, la série

$$\sum \frac{p(\lambda)}{q'(\lambda)} e^{\lambda x} \int_{x_0}^{x_1} e^{-\lambda\mu} f(\mu)\, d\mu$$

représente zéro sous la seule condition que $f(x)$ soit bornée et intégrable Cela étant, soient A_0 et B_0 les coefficients du terme le plus élevé de $P(z)$

(1) André Léauté, *Comptes rendus*, 27 novembre 1911 et 2 janvier 1912, et Émile Picard, *Comptes rendus*, 17 juin 1912.

et $Q(z)$ et posons

$$\frac{p(z)}{q(z)} = \frac{Q(z)\,e^{-az}}{P(z)\,e^{az} + Q(z)\,e^{-az}} - \frac{B_0\,e^{-az}}{A_0\,e^{az} + B_0\,e^{-az}}.$$

On vérifie que $\frac{p(z)}{q(z)}$ remplit les conditions de la remarque précédente, et la conclusion est évidente.

Considérons encore un cas particulier où

$$\pi(z) = e^{z(\beta-\alpha)} + e^{-z(\beta-\alpha)} - 2\sin 2\varphi, \qquad \psi(z) = e^{-z(\beta-\alpha)} - \sin 2\varphi.$$

On obtient ainsi les développements

$$(2) \qquad \left.\begin{matrix} f(x) \\ 0 \end{matrix}\right\} = \frac{1}{\beta-\alpha} \sum_{\nu=-\infty}^{+\infty} \int_\alpha^\beta f(\xi) \begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}\, k_\nu(x-\xi)\,d\xi$$

avec

$$k_\nu = \frac{2\nu\pi \pm \left(\frac{\pi}{2} - 2\varphi\right)}{\beta-\alpha}.$$

Ce sont précisément les séries considérées par M. Buhl dans son Mémoire du *Journal de Jordan* (t. IV, 1908), où il les obtient par un procédé dont le principe est dû à H. Poincaré. Il existe une liaison étroite entre les séries (2) et celle de Fourier, et par conséquent l'étude de M. Buhl en est une conséquence. Considérons en effet les fonctions

$$f(x)\cos\frac{\psi}{\beta-\alpha}(\lambda - x), \qquad f(x)\sin\frac{\psi}{\beta-\alpha}(\lambda - x),$$

où λ est un paramètre et

$$\psi = \pm\left(\frac{\pi}{2} - 2\varphi\right).$$

On a

$$f(x)\cos\frac{\psi}{\beta-\alpha}(\lambda - x) = \frac{1}{\beta-\alpha}\sum_{\nu=-\infty}^{+\infty}\int_\alpha^\beta f(\xi)\cos\frac{\psi}{\beta-\alpha}(\lambda-\xi)\cos\frac{2\nu\pi}{\beta-\alpha}(x-\xi)\,d\xi,$$

$$0 = \frac{1}{\beta-\alpha}\sum_{\nu=-\infty}^{+\infty}\int_\alpha^\beta f(\xi)\sin\frac{\psi}{\beta-\alpha}(\lambda-\xi)\sin\frac{2\nu\pi}{\beta-\alpha}(x-\xi)\,d\xi,$$

$$f(x)\sin\frac{\psi}{\beta-\alpha}(\lambda - x) = \frac{1}{\beta-\alpha}\sum_{\nu=-\infty}^{+\infty}\int_\alpha^\beta f(\xi)\sin\frac{\psi}{\beta-\alpha}(\lambda-\xi)\cos\frac{2\nu\pi}{\beta-\alpha}(x-\xi)\,d\xi,$$

$$0 = \frac{1}{\beta-\alpha}\sum_{\nu=-\infty}^{+\infty}\int_\alpha^\beta f(\xi)\cos\frac{\psi}{\beta-\alpha}(\lambda-\xi)\sin\frac{2\nu\pi}{\beta-\alpha}(x-\xi)\,d\xi.$$

En particulier, faisant $\lambda = x$, en retranchant les deux premières et en ajoutant les deux dernières, on trouve les séries (2); et l'on voit pourquoi M. Buhl, en faisant la sommation soit ordinaire, soit de Cesàro, trouvait comme intégrale singulière celle de Fourier ou celle de M. Féjer, où la fonction était remplacée par $f(x)$ multipliée par un cosinus ou un sinus. En ce qui concerne l'étude dans un intervalle quelconque, c'est le paramètre λ qui reçoit une autre valeur. Pareillement les séries trigonométriques généralisées de M. Buhl se déduisent de la série de Fourier de la même manière que les séries (2).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la fonction de Green du cylindre indéfini.* Note de M. G. **Bouligand**, présentée par M. Hadamard.

Considérons un cylindre indéfini à section droite fermée. Nous supposerons qu'on a pris pour axe Oz une parallèle aux génératrices. Soit $P(x, y, z)$ un point fixe quelconque intérieur au cylindre. On sait aujourd'hui démontrer l'existence d'une fonction $G(M, P)$ remplissant les conditions suivantes :

1° L'expression $G(M, P) - \frac{1}{MP}$ est une fonction harmonique des coordonnées ξ, η, ζ du point M dans tout le cylindre;

2° La fonction G s'annule quand M est situé sur le cylindre.

Cette fonction G s'appelle *la fonction de Green du cylindre indéfini :* c'est une fonction symétrique des deux points M et P. De plus, il est clair que les variables z et ζ ne figurent dans son expression que par leur différence $z - \zeta$. Il en résulte qu'on a

$$\frac{\partial G}{\partial z} + \frac{\partial G}{\partial \zeta} = 0. \qquad (1)$$

De cette équation résultent quelques conséquences assez curieuses : entre autres, une relation entre la fonction de Green G du cylindre et celle g de sa section droite, et aussi un théorème d'addition de G par rapport à la variable $z - \zeta$. C'est ce que je me propose d'indiquer ici.

Soient une section droite (S) que nous prendrons pour plan xOy, M un point de cette section droite (alors $\zeta = 0$). Le plan (S) divise la surface du cylindre en deux régions, Σ du côté des cotes positives et Σ' du côté des cotes négatives. Considérons toutes les fonctions harmoniques (H) définies à l'intérieur du demi-cylindre (S, Σ) et s'annulant sur Σ; une fonction (H)

sera assujettie en outre à s'annuler à l'infini en même temps que ses dérivées premières. Cela posé, une fonction (H) sera déterminée par l'une ou l'autre des conditions suivantes :

1° Elle prend des valeurs données sur (S);
2° Sa dérivée normale le long de (S) possède des valeurs données.

Il est facile de passer de l'une de ces conditions à l'autre. Soient U et V les valeurs que prennent respectivement sur (S) une fonction (H) et sa dérivée normale intérieure. Le point P étant supposé dans le plan S, on démontre facilement qu'on a

$$(2) \qquad U(P) = -\frac{1}{2\pi} \iint_{(S)} V(M)\, G(M, P)\, dS_M,$$

$$(3) \qquad V(P) = \frac{1}{2\pi} \Delta \iint_{(S)} U(M)\, G(M, P)\, dS_M,$$

Δ désignant le symbole à deux dimensions $\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$.

Chacune des formules (2) et (3) constitue une équation fonctionnelle, dont la solution est donnée par l'autre (ceci sous des conditions de régularité assez larges remplies par U et V).

Dans (2) remplaçons V par sa valeur tirée de (3). Ceci conduit à une identité qui doit être vérifiée quelle que soit la fonction U. L'application du lemme fondamental du calcul des variations conduit alors à l'équation

$$\Delta \iint_S G(M, P)\, G(M, Q)\, dS_M = 0$$

[les points P et Q étant encore dans le plan (S)].

La fonction

$$\varphi(P, Q) = \frac{1}{2\pi} \iint G(M, P)\, G(M, Q)\, dS_M$$

est donc, quand on regarde Q comme fixe, une fonction harmonique de P dans le plan (S). De plus, elle s'annule sur le contour (C) de (S) et devient infinie en Q comme $\log \frac{1}{PQ}$. D'où l'identité

$$(4) \qquad \frac{1}{2\pi} \iint_{(S)} G(M, P)\, G(M, Q)\, dS_M = g(P, Q).$$

Remarquons en outre que le second membre de l'équation (3) est une certaine opération linéaire, effectuée sur la fonction U. Représentons sym-

boliquement cette opération par $\Omega(U)$. On a

$$\Omega[\Omega(U)] = -\Delta U;$$

ainsi, en appliquant deux fois de suite à U l'opération intégro-différentielle Ω, on retombe, au signe près, sur son laplacien.

Proposons-nous maintenant de calculer $\varphi(P, Q)$ lorsque les points P et Q sont en dehors du plan (S). Par une symétrie, on peut toujours se ramener au cas où ils seraient de part et d'autre de (S). Supposons, par exemple, la cote z de P positive et la cote z_1 de Q négative. Considérons celle des fonctions (H) pour lesquelles on a

$$V(M) = G(M, Q),$$

cette fonction est précisément $-\varphi(P, Q)$. On en déduit aisément qu'on a

$$\int_z^{+\infty} G(P, Q)\, dz = \varphi(P, Q), \tag{5}$$

ceci donne une seconde démonstration plus directe de la formule (4). En effet, φ est une fonction continue de z et de z_1 quand ces quantités tendent vers zéro, la première par valeurs positives et la seconde par valeurs négatives. Quant au premier membre, pour $z = 0$, $z_1 = 0$, il se réduit bien à $g(P, Q)$, ainsi que le montre la formule suivante due à M. Paul Lévy [1] :

$$\frac{1}{2}\int_{-\infty}^{+\infty} G(P, Q)\, dz = g(P, Q).$$

L'équation (5) dérivée par rapport à z nous donne

$$G(P, Q) = -\frac{1}{2\pi}\frac{\partial}{\partial z}\int\int_{(S)} G(M, P)\, G(M, Q)\, dS_M. \tag{6}$$

Nous obtenons ainsi un théorème d'addition de la fonction G par rapport à la différence des cotes des deux points : naturellement, la dissymétrie du second membre n'est qu'apparente. *La fonction de Green du cylindre indéfini possède donc un théorème d'addition intégro-différentiel.*

---

[1] *Sur la fonction de Green du cylindre de révolution* (*Rendiconti di Palermo*, 23 juin 1912, p. 8).

Observation à propos de la Note précédente, par M. **Hadamard**.

La Note de M. Bouligand fournit une seconde et remarquable relation (la première étant celle de M. P. Lévy) entre la fonction de Green du cylindre indéfini et celle de sa section droite.

Il n'est peut-être pas inutile de noter, à cette occasion, que de pareilles relations peuvent exister, même pour des cylindres limités. Considérons, par exemple, la fonction analogue à celle de Green et relative au problème de Neumann, en en modifiant toutefois, ce qui est sans inconvénient, la définition habituelle de la manière suivante : la quantité en question γ, singulière à la façon d'un potentiel élémentaire au pôle A, devra avoir sa dérivée normale *constante* sur la surface latérale et *nulle* sur les bases (¹).

S'il en est ainsi, l'intégrale $\int \gamma\, dz$, prise entre les deux bases, le long d'une parallèle quelconque aux génératrices, est égale à la fonction de Neumann relative à la section droite.

Ce fait (²) et la circonstance, paradoxale au premier abord, que le résultat ne change pas lorsque A se déplace lui-même sur une parallèle aux génératrices, s'expliquent par cette raison que l'intégrale en question se ramène aisément à une autre relative au cylindre indéfini et prise de $-\infty$ à $+\infty$.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la constante de la loi du rayonnement.* Note (³) de M. **J. de Boissoudy**.

Dans une Note précédente (présentée à la séance du 3 mars), nous avons été conduits, en substituant à l'hypothèse classique de Planck celle d'un

---

(¹) On peut appeler *fonction de Neumann* une quantité γ singulière à la façon indiquée et dont la dérivée normale ait, sur la frontière, des valeurs *quelconques*, telles que $\int\int \frac{d\gamma}{dn} dS = 4\pi$, pourvu qu'elles aient été choisies une fois pour toutes, c'est-à-dire indépendamment de la position du point A. Pour achever de déterminer γ, on ajoutera la condition $\int\int \gamma \frac{d\gamma}{dn} dS = 0$ (ou même, plus généralement, $= c$, c étant également indépendant du point A).

(²) Une conclusion analogue s'applique à la fonction de Green ordinaire, moyennant multiplication par un facteur trigonométrique.

(³) Reçue dans la séance du 17 mars 1913.

minimum d'énergie au delà duquel le principe d'équipartition redeviendrait applicable, à représenter l'énergie moyenne d'un résonateur ν par la formule

$$E = \frac{RT}{N}\frac{x+1}{e^x},$$

en appelant x l'expression $\frac{Nh\nu}{RT}$ ou $\frac{Nch}{R\lambda T}$.

Cette formule donne, pour la densité de l'énergie du rayonnement noir entre les longueurs d'onde λ et $\lambda + d\lambda$,

$$W_\lambda\, d\lambda = \frac{8\pi}{\lambda^4} E\, d\lambda = \frac{8\pi ch}{\lambda^5}\frac{x+1}{x e^x}\, d\lambda,$$

qui tend bien aux limites d'une part vers la formule de Wien et d'autre part vers celle de Lorentz.

Nous avons dès lors, pour le rayonnement total à la température T,

$$W = \int_0^\infty W_\lambda\, d\lambda = \frac{8\pi R^4 T^4}{c^3 h^3 N^4}\int_0 \frac{(x+1)x^2}{e^x}\, dx.$$

L'intégrale $\int_0^\infty (x+1)x^2 e^{-x}\, dx$ est égale à 8. L'équation précédente peut donc s'écrire

$$W = \frac{64\pi R^4}{c^3 h^3 N^4} T^4.$$

Nous retrouvons la loi du rayonnement de Stefan-Boltzmann,

$$W = u T^4,$$

la valeur de la constante étant

$$u = \frac{64\pi R^4}{c^3 h^3 N^4}.$$

Tous les nombres qui figurent dans cette expression sont des constantes universelles. Si nous prenons pour $\frac{Nch}{R}$ la valeur 1,45 généralement admise (ou 14500 quand λ est exprimé en μ) et pour $\frac{R}{N} = \frac{2}{3}\alpha$ la valeur $1{,}29.10^{-16}$, qui correspond à $N = 64.10^{22}$, il vient

$$u = 8{,}5.10^{-15} \frac{\text{erg}}{\text{cm}^3} \text{degré}^{-4}.$$

C'est très sensiblement la valeur expérimentale considérée aujourd'hui comme la plus probable. Elle résulte des expériences de M. Féry, confirmées en 1911 par celles de MM. Féry et Drecq. Ces deux séries d'expé-

riences ont donné, comme on sait, pour le coefficient σ (représentant l'énergie totale dissipée par unité de surface et par seconde, quand $T^4 - t^4 = 1$) les valeurs

$$\sigma_1 = 6,30.10^{-12} \frac{\text{watt}}{\text{cm}^2} \text{degré}^{-4}$$

et

$$\sigma_2 = 6,51.10^{-12} \frac{\text{watt}}{\text{cm}^2} \text{degré}^{-4}.$$

On en déduit pour u l'un des nombres

$$u = \frac{4\sigma_1.10^7}{c} = 8,4.10^{-15} \frac{\text{erg}}{\text{cm}^3} \text{degré}^{-4}$$

ou

$$u = \frac{4\sigma_2.10^7}{c} = 8,6.10^{-15} \frac{\text{erg}}{\text{cm}^3} \text{degré}^{-4}.$$

La formule de Planck donne, avec les mêmes valeurs des constantes, le nombre $u = 6,9.10^{-15}$ assez voisin de la constante de Kurlbaum ($7,2.10^{-15}$), regardée antérieurement comme exacte.

PHOTO-ÉLECTRICITÉ. — *Influence de la valence du métal sur l'effet photo-électrique des composés métalliques*. Note de M. **G.-A. Dima**, présentée par M. Lippmann.

On sait que presque tous les corps, chargés négativement, exposés à la lumière ultraviolette, émettent des charges négatives. C'est le phénomène bien connu découvert par Hallwachs.

J'ai fait une série d'expériences préliminaires, dans l'air à la pression ordinaire, pour voir si le fait qu'un métal présente une valence différente, dans des composés analogues, influence l'émission des charges électriques.

L'appareil employé est un condensateur. L'une des armatures, présentant une fenêtre avec toile métallique, est portée à un potentiel positif et constant d'une centaine de volts environ. L'autre armature supporte la substance à examiner. Elle est mise en communication soit avec le sol, soit avec l'une des paires de quadrants d'un électromètre. On mesure pour un temps déterminé les déplacements du spot. La sensibilité de l'appareil est telle qu'une division de l'échelle corresponde à 2.10^{-13} coulomb.

Comme source d'ultraviolet, j'ai employé une lampe à mercure en quartz, système Cooper-Hewitt, fonctionnant sur 220 volts et branchée sur le secteur de la ville. Par suite des variations du secteur, l'intensité lumineuse de la source n'est pas rigoureusement constante; j'ai fait des

expériences croisées en exposant, alternativement et à plusieurs reprises, les composés respectifs du même métal.

Avec la durée du fonctionnement, il se produit une lente modification de la lampe, se traduisant par une diminution de l'intensité lumineuse. D'ailleurs, pour un même corps, on ne peut observer cet effet qu'à des intervalles de temps prolongés, environ plusieurs jours, de sorte qu'il ne change en rien *le sens* des résultats obtenus pour les composés analogues du même métal.

Comme quelques-uns des corps examinés présentent le phénomène de la *fatigue*, les valeurs indiquées ci-dessous se rapportent aux mesures faites au commencement.

Les corps à examiner ont été employés sous forme de poudre comprimée dans des capsules en argent. Ils sont purs ou chimiquement purs, suivant le corps. La pression exercée sur la poudre, en la comprimant, a une grande influence sur l'émission. Celle-ci croît plus ou moins vite avec la compression et paraît tendre vers une limite. Les expériences ont été faites en exerçant, autant que possible, la même pression au moins en ce qui concerne des composés respectifs du même métal. D'ailleurs des expériences croisées faites avec plusieurs échantillons d'un même corps, fournissent des valeurs qu'on peut regarder comme concordantes, vu les variations du voltage aux bornes de la lampe et l'erreur possible sur le temps. Par exemple, pour deux échantillons de bioxyde de plomb exposés pendant 10 secondes à la lumière ultraviolette, on obtient des valeurs comprises entre 77 et 82 divisions de l'échelle; le voltage aux bornes ayant varié entre 144 et 148 volts et l'intensité du courant, entre 3,1 et 3,2 ampères.

Les valeurs ci-dessous, rapportées à 1 minute d'exposition, représentent les charges émises par les divers composés. L'unité est 10^{-13} coulomb.

Iodure mercurique.......	10	Iodure mercureux........	112
Chlorure mercurique.....	2	Chlorure mercureux......	12
Oxyde »	70	Oxyde »	280
Benzoate »	12	Benzoate »	18
Oxyde stannique........	24	Oxyde staneux...........	1220
Sulfure stannique........	186	Sulfure staneux..........	1440
Sesquioxyde de fer.......	202	Oxyde ferreux............	7200
Chlorure ferrique........	<1	Chlorure ferreux...... ...	26
Oxyde cuivrique.........	4800	Oxyde cuivreux..........	14400
Chlorure cuivrique......	10	Chlorure cuivreux........	50000
Bioxyde de plomb.......	1700	Oxyde de plomb..........	3200
Trioxyde de chrome.....	<1	Sesquioxyde de chrome...	50
Peroxyde de bismuth.....	70	Oxyde de bismuth........	110
Bioxyde de manganèse....	48	Sesquioxyde de manganèse.	130
Protoxyde de manganèse...........	500		

Dans tous ces cas, choisis parmi des corps bien définis et assez stables, le composé où la valence du métal est la plus petite paraît avoir le pouvoir photo-électrique le plus grand. Ce fait pourrait s'expliquer, dans l'hypothèse électronique de la matière, de la manière suivante : le composé où l'atome du métal a une valence et donc une charge *positive* plus grande, produit l'émission de corpuscules *négatifs* la plus faible ([1]).

ÉLECTRICITÉ. — *Force électromotrice produite par l'écoulement des solutions d'électrolytes dans les tubes capillaires.* Note de M. **Louis Riéty**, présentée par M. G. Lippmann.

I. Dans de précédentes Notes ([2]) j'ai indiqué un procédé permettant la mesure des forces électromotrices de filtration de solutions concentrées de sels de cuivre et de zinc, et j'ai montré comment des résultats obtenus on peut déduire la différence de potentiel verre-électrolyte.

J'ai depuis fait des mesures relatives aux solutions aqueuses de : chlorure de potassium, azotate de potassium, sulfate de potassium, potasse, acide chlorhydrique, acide sulfurique. Afin de pouvoir comparer les nouveaux résultats à ceux déjà obtenus, j'ai produit l'écoulement des solutions dans le tube de verre qui avait servi antérieurement. Les électrodes impolarisables, construites suivant le procédé qu'a indiqué M. Grumbach ([3]), étaient des fils d'argent recouverts de chlorure d'argent fondu.

Le Tableau suivant donne, pour une différence de pression de $1^{kg} : cm^2$, les valeurs en volts de la force électromotrice de filtration de différentes concentrations.

La concentration est exprimée en équivalents-gramme de l'électrolyte par litre de solution,

Chlorure de potassium.

Concentration équivalente.	0,002	0,005	0,01
$\frac{E}{P}$	0,127	0,071	0,022

Azotate de potassium.

Concentration équivalente.	0,005	0,01	0,02	0,1	0,5	1
$\frac{E}{P}$	0,071	0,029	0,010	0,0011	0,00011	0,000025

([1]) J.-J. Thomson, *Passage de l'électricité à travers les gaz. Traduction française* par R. Fric et A. Faure, p. 290.

([2]) *Comptes rendus*, t. 154, p. 1215 et 1411.

([3]) Grumbach, *Thèse*, Paris.

Sulfate de potassium.

Concentration équivalente.	0,0185	0,042	0,046	0,40
$\frac{E}{P}$	0,0099	0,0044	0,0034	0,00011

Potasse.

Concentration équivalente.	0,0025	0,005	0,01
$\frac{E}{P}$	0,083	0,033	0,0148

Acide chlorhydrique.

Concentration équivalente.	0,005	0,01
$\frac{E}{P}$	0,015	0,0062

Acide sulfurique.

Concentration équivalente.	0,01
$\frac{E}{P}$	0,0066

II. Comme je l'avais fait pour les solutions des sulfates de cuivre ou de zinc ([1]), j'ai mesuré la viscosité et la conductivité de ces solutions et j'ai calculé les valeurs que la théorie d'Helmholtz permet d'attribuer à la différence de potentiel ε au contact du verre et de l'électrolyte.

J'ai obtenu les résultats suivants :

Chlorure de potassium.

Concentration équivalente...	0,002	0,005	0,01
ε (en volts)	6,4	5,4	3,1

Azotate de potassium.

Concentration équivalente....	0,005	0,01	0,02	0,1	0,5	1
ε (en volts)	5,6	4,3	2,89	1,26	0,52	0,23

Sulfate de potassium.

Concentration équivalente...	0,0185	0,042	0,046	0,4
ε (en volts)	2,33	2,3	2	0,46

([1]) *Comptes rendus*, t. 154, p. 1411.

Potasse.

Concentration équivalente...	0,0025	0,005	0,01
ε (en volts)................	5,6	4,6	3,96

Acide chlorhydrique.

Concentration équivalente...	0,005	0,01
ε (en volts)................	3,39	2,8

Acide sulfurique.

Concentration équivalente...	0,01
ε (en volts)................	2,49

Pour toutes ces solutions l'électrolyte est à un potentiel supérieur à celui du verre. L'étude de l'azotate de potassium dans des limites de concentration très étendues montre que la différence de potentiel au contact ε décroît constamment quand la concentration de l'électrolyte augmente et ne présente pas de minimum, comme il arrive pour le sulfate de cuivre ou de zinc; si ce minimum existe, il ne se trouverait que pour une concentration supérieure à une molécule-gramme par litre.

Pour les solutions étendues, la différence de potentiel au contact ε est beaucoup plus grande pour les sels de potassium que pour les sels de cuivre, ou de zinc, ainsi que le montre le Tableau suivant :

	Concentrations équivalentes.			
	0,005.	0,008.	0,01.	0,02.
Azotate de potassium (en volts)........	5,6	»	4,3	2,89
Sulfate de cuivre (en volts)...........	»	0,51	0,21	0,12

ÉLECTROOPTIQUE. — *Détermination de la durée d'établissement de la biréfringence électrique.* Note de M. C. **Gutton**, présentée par M. Lippmann.

Dans une Note précédente (¹) j'ai montré que les variations de la biréfringence électrique des liquides ne suivent pas instantanément celles du champ de force électrique. Lorsque ce dernier n'est établi que pendant un temps très court, la biréfringence n'atteint pas la grandeur qu'elle aurait dans un champ statique.

(¹) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 387.

J'ai pu, depuis, déterminer quelle est la durée de charge d'un condensateur au-dessous de laquelle le liquide qui baigne les armatures n'atteint pas complètement sa biréfringence normale.

Comme dans les expériences que j'ai déjà décrites, un faisceau de lumière passe successivement entre les armatures de deux condensateurs immergés dans des liquides différents; les lignes de force sont horizontales pour le premier et verticales pour le second. Les armatures sont reliées deux à deux, de sorte que la différence de potentiel est constamment la même pour les deux condensateurs. Ceux-ci sont disposés entre deux prismes de Glazebrook à l'extinction, dont les plans de polarisation sont inclinés à 45° sur l'horizon.

La distance des armatures du second condensateur peut être modifiée à l'aide d'une vis à filet fin qui donne à l'une d'entre elles un mouvement très lent. Les condensateurs étant chargés à l'état statique par une machine de Holtz, on règle d'abord cette distance de telle sorte que les biréfringences des deux liquides se compensent exactement; le prisme analyseur continue alors à éteindre. On relie ensuite les condensateurs à une ligne le long de laquelle on envoie des oscillations de Hertz, de courte longueur d'onde, l'extinction de la lumière par l'analyseur ne subsiste pas. Si, pour la rétablir, il faut diminuer l'écart des armatures de l'un des condensateurs, c'est que la bérifringence du liquide dans lequel il est immergé ne s'est pas établie aussi complètement que celle de l'autre liquide.

En chargeant les condensateurs par des ondes hertziennes de fréquences de plus en plus faibles, on arrive à trouver une fréquence à partir de laquelle la compensation des biréfringences des deux liquides, ayant été établie pour des charges statiques, subsiste pour les charges oscillantes. Les variations d'intensité du champ de force électrique sont alors assez lentes pour que les biréfringences des deux liquides puissent atteindre leurs valeurs normales. La durée de la charge des condensateurs étant égale au temps que les ondes de Hertz mettent à parcourir un quart de longueur d'onde, la mesure de cette longueur d'onde permet d'obtenir la durée d'établissement de la biréfringence pour celui des liquides dont cette biréfringence suit le moins exactement les variations d'intensité de la force électrique.

Les oscillations électriques étaient produites par des oscillateurs du genre de celui de Lecher; les plus petits étaient complètement immergés dans l'huile de vaseline. L'étincelle oscillante, qui jaillit dans l'huile, était obtenue à l'aide d'un transformateur de Tesla. Les ondes de Hertz étaient amenées aux condensateurs par une ligne de 16^m de longueur. Pour mesurer la demi-longueur d'onde, on détachait les fils de la ligne et l'on observait la gaine lumineuse d'aigrettes qui les entourait. Les ondes étaient assez intenses pour que celle-ci rende visible au moins un internœud du système d'ondes stationnaires produit par la réflexion, soit aux extrémités des fils, soit sur un pont qui les réunissait.

Les expériences ont porté sur trois couples de liquides : naphtaline

bromée et sulfure de carbone; sulfure de carbone et toluène; nitrobenzine et naphtaline bromée.

Voici les résultats obtenus lors de la comparaison des biréfringences de la naphtaline bromée et du sulfure de carbone. Les armatures des condensateurs étaient des bandes de laiton de 1^{cm} de largeur. Le condensateur immergé dans la naphtaline bromée avait 6^{cm} de longueur et la distance des armatures était $0^{cm},444$. L'autre condensateur, qui était plongé dans le sulfure de carbone, avait 8^{cm} de longueur; la distance des armatures, lors de l'extinction de la lumière, a été trouvée égale à $0^{cm},295$ lorsque les condensateurs avaient des charges statiques.

Des données précédentes on déduit que la constante de Kerr de la naphtaline bromée est trois fois plus grande que celle du sulfure de carbone.

Lorsque les condensateurs sont chargés par des ondes de Hertz de courte longueur, on doit, pour rétablir l'extinction, diminuer la distance des armatures, ce qui indique que la biréfringence du sulfure de carbone suit, moins exactement que celle de la naphtaline bromée, les variations d'intensité de la force électrique.

Le Tableau suivant indique, pour des ondes hertziennes de diverses demi-longueurs d'onde, le rapport de la diminution de distance des armatures à leur distance totale primitive :

$\frac{\lambda}{2}$ (cm)		$\frac{\lambda}{2}$ (cm)	
95...	0,085	575...	0,020
225...	0,052	765...	0,008
350...	0,045	850...	0,000

On voit que, pour des oscillations dont la demi-longueur d'onde est 850^{cm}, le réglage effectué pour les charges statiques se conserve; on en déduit que la charge des condensateurs est assez lente pour que la biréfringence du sulfure de carbone s'établisse complètement. La durée de charge étant égale au temps pendant lequel les ondes parcourent un quart de longueur d'onde, il faut, pour que la biréfringence électrique du sulfure de carbone atteigne sa valeur normale, un temps au moins égal à $\frac{4,25}{3 \times 10^8}$ ou $\frac{1,4}{10^8}$ seconde.

Des mesures faites avec d'autres condensateurs ont confirmé ce résultat.

Les expériences sur les autres couples de liquides ont donné, pour le toluène, $\frac{1,7}{10^8}$ seconde et pour la naphtaline bromée $\frac{0,6}{10^8}$ seconde.

Ces durées sont de l'ordre du temps de relaxation de Maxwell, ce qui est

conforme à la théorie émise par Larmor, par MM. Cotton et Mouton, et développée par M. Langevin. et d'après laquelle la biréfringence est le résultat d'une orientation moléculaire.

PHYSIQUE. — *Sur l'entretien mécanique continu des verges vibrantes (diapasons, lames, etc.).* Note de M. **H. Magunna**, présentée par M. Villard.

J'ai réalisé par un procédé mécanique l'entretien du mouvement des verges vibrantes (diapasons, lames, etc.) ou de tout autre corps vibrant suivant la loi pendulaire; dans le cas, par exemple, d'un diapason, je place l'arête vive extérieure de l'une des branches en contact avec un corps inerte enduit de colophane, ce corps inerte se déplaçant d'une façon continue et régulière devant l'arête.

Je réalise cet entretien de trois façons différentes qui ne constituent que des variantes d'exécution du même principe :

1° Par courroies sans fin;
2° Par tambours cylindriques;
3° Par disques plats.

On met en mouvement par un procédé mécanique ou électrique une petite courroie de cuir sans fin, dont la surface est poncée et enduite de colophane.

Le diapason est mis en contact avec la courroie de façon que l'arête de la branche soit bien normale à la direction du mouvement de la courroie et que l'angle de cette branche avec la courroie (angle d'attaque) soit d'environ 70°. La tension de la courroie doit rester faible; on peut, du reste, la régler mécaniquement. L'expérience montre que pour des intervalles de 100^{vd} à 1200^{vd} la même vitesse d'attaque donne un parfait fonctionnement. La pression sur les différents diapasons varie, elle est d'autant plus grande que le diapason est plus court. Cet entretien permet de mettre en vibration simultanément un nombre quelconque de diapasons. Lorsqu'on veut entretenir des diapasons très élevés, par exemple 12000^{vd}, il faut réduire la vitesse d'attaque.

Je peux aussi les entretenir par un tambour évidé en son milieu où se trouve fixé un cylindre de cuir, ou tendre un cuir plat sur un disque. Le nombre de vibrations doubles des verges entretenues mécaniquement par ce procédé est le même que celui des verges en vibration libre, à $\frac{1}{1000}$ de seconde près (procédé de mesure : les battements).

Application à la production de courants ondulatoires. — L'entretien mécanique continu des verges vibrantes m'a permis de réaliser des appareils convertissant le courant continu en courants ondulatoires, appareils

auxquels j'ai donné le nom de *convertisseurs*. Ces appareils sont caractérisés par la séparation complète des fonctions, savoir : *séparation de l'entretien (moteur) de la transformation du courant continu en courants ondulatoires.* A cet effet, par exemple, les diapasons sont munis sur leurs branches de lames atones qui viennent entrer en contact avec une vis réglable. Le montage électrique est celui d'un vibreur de bobine Ruhmkorff. Ce dispositif m'a permis, dans la télégraphie Multiplex, d'avoir des appareils d'un fonctionnement continu et sûr, et, en T.S.F., de mettre sur le primaire d'une bobine d'induction une puissance de 300 watts à la fréquence de 650.

Application à la superposition sans confusion des petites oscillations en télégraphie sans fil. — Dans les *Comptes rendus* du 10 août 1908 et 21 juin 1909, nous avions indiqué, Mercadier et moi, le moyen d'envoyer plusieurs télé grammes simultanés, formés par des signaux produits par des courants alternatifs de périodes différentes avec des appareils imprimeurs rapides :

1° Sur un circuit à deux fils sans communication avec la terre;

2° Sur un seul conducteur télégraphique relié à la terre à ses deux extrémités.

Il était intéressant, au point de vue scientifique et au point de vue pratique, de voir si les mêmes résultats pourraient être obtenus en T.S.F. Sur le primaire d'une bobine d'induction, j'ai monté des diapasons entretenus mécaniquement (*sol*^{3}, *ut*^{4}, *mi*^{4}, *sol*^{4}) qu'on pouvait manipuler simultanément. Sur le secondaire de la bobine, un éclateur était réuni à une antenne et à la terre. J'ai pu ainsi, avec mon collaborateur M. Costabel, trier les différentes transmissions sur une antenne réceptrice, avec des monophones à anches libres, accordés sur les différents diapasons.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les transformations des alliages de fer et de silicium.* Note de M. **Em. Vigouroux**.

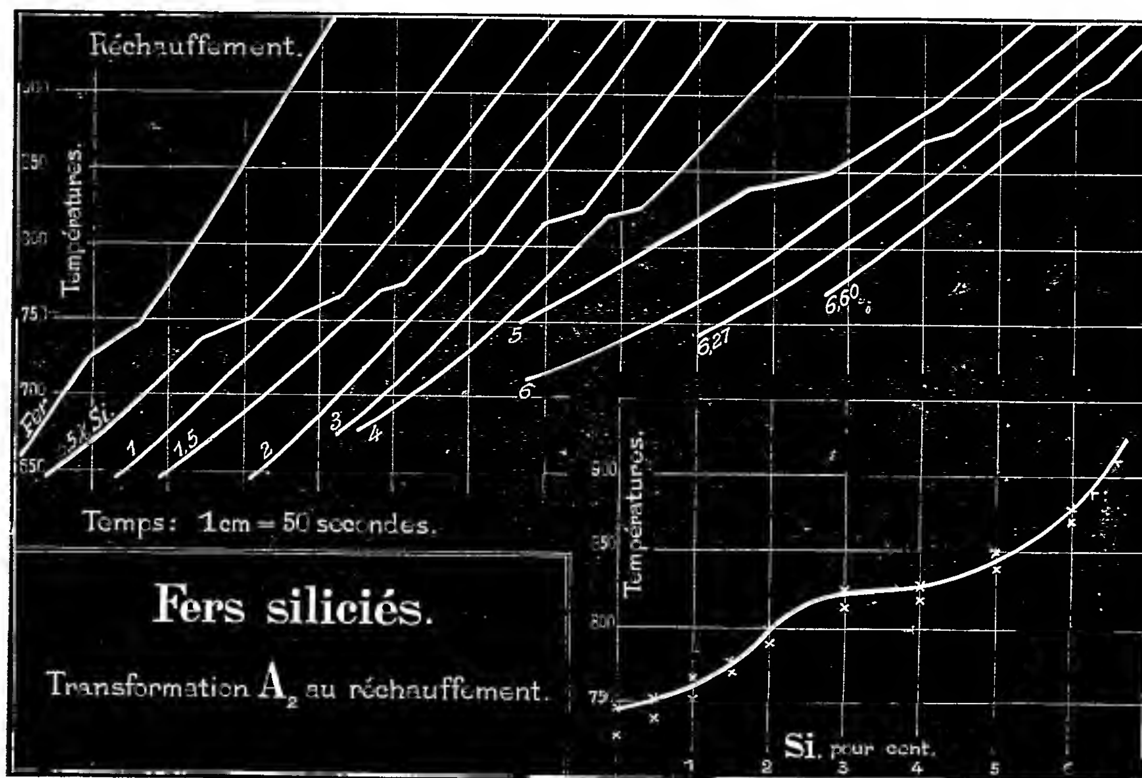
L'intérêt que nous prenons à la lecture de la récente Note de MM. Georges Charpy et André Cornu [1], et la tendance à conclure, du fait qu'il avait été signalé par MM. Charpy et Grenet, que le point A_2 ne correspondait à aucune particularité de la courbe de dilatation, *que le point* A_2 *n'indiquait pas l'existence d'une transformation spéciale et n'était qu'un résidu des trans-*

---

(1) G. Charpy et A. Cornu, *Comptes rendus*, t. 156, 21 avril 1913, p. 1240.

formations correspondant aux points A_1 *et* A_3, nous autorisent à rapprocher également nos résultats des recherches concordantes d'Osmond, Arnold, Stead, Baker, résultats découlant d'une étude analogue à celle des vitesses de refroidissement, bien qu'elle fût dirigée vers un autre but.

Elle a entraîné notre conviction que c'est le point A_2 dont l'importance



est primordiale, qu'il s'agisse des transformations du fer seul ou de celles qui affectent certaines de ses solutions solides, telles celles formées avec le silicium ([1]) dans le cas actuel, les transformations qu'on attribue au point A_3 ne s'étant manifestées ni dans notre échantillon de fer ni dans nos ferro-siliciums, pas plus que celles qu'on pourrait comparer au point A_1, dernier fait qui ne saurait surprendre, le point A_1 n'ayant pas d'existence propre dans le métal, sa présence n'étant que la conséquence de celle du carbone; et c'est pour éluder les transformations provoquées par chacun

([1]) Le professeur Tammann, de Gœttingue, a montré que le fer tient le silicium en solution solide jusqu'à une teneur centésimale bien supérieure à celle du carbone.

des éléments autres que le fer et le silicium, celles bien connues du carbone en particulier, qui ne peuvent être que perturbatrices, que notre expérimentation portait sur des fers siliciés purs.

Un réveil sonnant un coup toutes les dix secondes permettait de noter à chaque battement la température indiquée par un galvanomètre relié à un thermo-élément en contact avec les différents alliages, d'où découlaient leurs courbes respectives de durée de refroidissement ou de réchauffement et partant la courbe propre à la transformation.

Pour le fer pur, dans le cas du réchauffement, la transformation A_2 commence à 726° et finit à 746°. L'addition de silicium ne fait apparaître aucun phénomène comparable à la transformation A_1 des aciers; au contraire A_2 persiste très nettement au refroidissement et au réchauffement; mais comme des retards notables et irréguliers se constatent au refroidissement, nous avons considéré uniquement le réchauffement, auquel se réfèrent nos chiffres et nos courbes.

Contrairement aux résultats de nombreux savants et fait assez nouveau, l'addition de silicium au fer élève immédiatement la température de cette transformation A_2. Dès que le fer a dissous 5 millièmes de silicium, la température du commencement de cette transformation se trouve augmentée de 14°, celle de la fin de 6°. L'augmentation, moins rapide ensuite, devient à peu près nulle vers 3 pour 100, puis reprend avec plus d'intensité pour disparaître au voisinage de 7 pour 100 où nous perdons sa trace (¹).

En résumé, la ligne ascendante qui joint les points marquant la fin de la transformation A_2, dans le cas du réchauffement, affecte la forme d'une double inflexion. On conçoit qu'elle puisse contribuer à effacer celle des fers carburés.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Réactions chimiques et rayons de courbure.* Note de M. G. **Reboul**, présentée par M. E. Bouty.

J'ai montré que l'action chimique d'un gaz sur un solide dépend essentiellement de la forme de ce dernier et qu'elle est plus vive aux points où la courbure moyenne est plus grande. Les expériences peuvent être faites,

(¹) Il est vrai que, dans ce cas comme dans celui du fer pur où le point A_3 nous a échappé, nous regrettons de n'avoir pu disposer d'un enregistreur tel que le galvanomètre double Saladin-Le Chatelier, que nous espérons bien pouvoir utiliser sous peu.

soit à la pression ordinaire, soit aux basses pressions, avec divers gaz et des solides de forme et de nature différente; la seule condition à remplir est de réaliser une réaction chimique très lente. Aux basses pressions et avec une source émettant des vapeurs lentement, l'effet présente quelques conséquences que je crois intéressant de signaler.

Quand on place dans les conditions expérimentales déjà indiquées (¹) un solide portant une pointe, l'action se porte sur la pointe dont le métal est attaqué; celle-ci joue *un rôle de protection* pour tous les points qui sont dans son voisinage. Cet effet de protection se fait sentir, aux basses pressions, jusqu'à plusieurs centimètres et il se manifeste jusqu'à ce que l'épaisseur de sel formé sur le métal de la pointe soit suffisante pour la protéger partiellement et ralentir ainsi l'action chimique en ces points-là.

Il en est de même si l'on place à côté l'un de l'autre, dans la même atmosphère active, deux corps de rayons de courbure très différents, par exemple deux cylindres métalliques. L'action se porte sur le cylindre de petit diamètre, l'autre restant indemne; le sel formé sur le petit fil joue bientôt un rôle de protection pour ce dernier; l'action se manifeste alors sur le gros fil, mais bien moins vive que s'il était seul.

Exemples. — Un fil de cuivre de $1^{mm},5$ de diamètre, exposé seul dans l'appareil, à une pression de $0^{mm},20$ et pendant 30 minutes, présente après l'attaque une teinte indigo bleu accusant ainsi une épaisseur de sel de 170 unités.

Un fil identique placé dans les mêmes conditions, dans le voisinage d'un fil de $0^{mm},15$ de diamètre, ne paraît pas attaqué pour des durées d'expositions inférieures à 30 minutes. Au bout de cette durée d'exposition de 30 minutes, il ne présente qu'une teinte brune accusant ainsi une épaisseur de sel inférieure à 109 unités.

En plaçant un fil de cuivre identique, dans les mêmes conditions, mais seul, il prend encore une teinte indigo bleu qui indique la même épaisseur de sel que dans le premier cas.

Le fil de petit diamètre a donc joué un rôle de *protection* vis-à-vis de celui de gros diamètre.

De même une lame de cuivre, dont on a étamé les bords de manière à éviter les perturbations dues aux arêtes de la coupure, exposée pendant 30 minutes à une pression de $0^{mm},4$, présente en son centre une teinte bleue indiquant une épaisseur de 200 unités. Lorsque dans les mêmes conditions elle est surmontée d'un fil de cuivre de $0^{mm},15$, la teinte qu'elle présente est brune, l'épaisseur de sel correspondante est inférieure à 109 unités. Le fil a donc partiellement *protégé* la lame de l'action chimique de l'atmosphère gazeuse.

Tout se passe comme si la substance active était attirée vers les points où

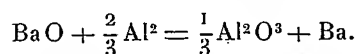
(¹) G. Reboul, *Comptes rendus*, t. 155, p. 1227.

le rayon de courbure est plus faible; ces points protègent leurs voisins et cet effet se fait sentir à une distance d'autant plus grande que la pression est plus basse, à des pressions de $\frac{1}{20}$ de millimètre elle atteint plusieurs centimètres.

Ces résultats peuvent s'expliquer facilement si l'on admet qu'il y a concentration plus grande de l'atmosphère gazeuse aux points où les rayons de courbure principaux sont les plus faibles (¹), il s'ensuit qu'en ces points l'action chimique sera plus vive; l'absorption du gaz, conséquence de l'action chimique, amènera une diminution de la pression d'équilibre en ces points là, d'où un nouvel appel de gaz qui disparaîtra à son tour. Il y a en quelque sorte distillation de la substance active de l'atmosphère gazeuse sur les points de plus faibles rayons de courbure.

CHIMIE MINÉRALE. — *Préparation du baryum.* Note (²) de M. CAMILLE MATIGNON, présentée par M. H. Le Chatelier.

M. Güntz, auquel on doit tant de beaux travaux de Chimie minérale, a donné une excellente méthode de préparation de baryum, fondée sur la réduction de son oxyde par l'aluminium (³)



$$BaO + \frac{2}{3}Al^2 = \frac{1}{3}Al^2O^3 + Ba.$$

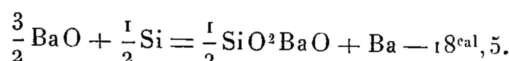
La réaction exothermique est encore facilitée par la volatilité du baryum.

En m'appuyant sur les idées exposées sommairement dans une précédente Note (⁴), il m'a paru que le silicium devait pouvoir effectuer la même réduction, malgré l'écart énorme de 35^{cal} entre les chaleurs de formation des deux oxydes, baryte et silice, rapportées à 1^{at} d'oxygène.

En effet, si l'on opère, en présence d'un excès de baryte, la silice formée s'unira avec la baryte pour former un silicate de baryte avec un dégagement de chaleur notable. M. Le Chatelier (⁵) a donné $33^{cal},1$ pour la chaleur de formation du silicate de chaux, SiO^2CaO, à partir de ses

(¹) G. REBOUL, *Comptes rendus*, avril 1913.
(²) Présentée dans la séance du 28 avril 1913.
(³) *Comptes rendus*, t. 143, 1906, p. 339.
(⁴) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1157.
(⁵) *Comptes rendus*, t. 120, 1895, p. 625.

oxydes générateurs. La baryte, dont la basicité est au moins égale à celle de la chaux, ne dégagera pas moins de chaleur dans les mêmes conditions. Admettons pour la baryte le même nombre que la chaux, soit 33^{cal} par molécule de silice, c'est-à-dire $16^{cal},5$ par atome d'oxygène substitué, l'écart précédent de 35^{cal} se trouve ainsi réduit à $18^{cal},5$.



$$\frac{3}{2}BaO + \frac{1}{2}Si = \frac{1}{2}SiO^2BaO + Ba - 18^{cal},5.$$

Si l'on tient compte de la stabilité des constituants du système, de la non-volatilité de la baryte, du silicium, du silicate de baryte, opposée à la volatilité du métal à des températures voisines de 1200°, on arrive à cette conclusion que la réaction doit être possible.

Effectivement, si l'on mélange intimement du silicium et de la baryte anhydre dans les proportions théoriques de 3 BaO par atome de silicium, on constate que la réaction s'effectue régulièrement à 1200°, le silicium prenant la place d'une quantité équivalente de baryum.

On réalise la réaction en plaçant des pastilles du mélange précédent dans un tube d'acier fermé à un bout et chauffé dans un tube de porcelaine dans lequel on fait et maintient le vide pendant toute l'opération. Le métal distille et vient se condenser dans l'intérieur du tube d'acier, dans une région moins chauffée. Dans un premier essai, effectué sans précautions spéciales, j'ai obtenu un métal dosant 98,5 pour 100 de baryum.

La préparation réussit également bien avec le silicium amorphe pur, dont l'état de division paraît *a priori* favorable, et avec les siliciums et ferro siliciums riches, qui sont aujourd'hui, grâce aux recherches scientifiques poursuivies dans les laboratoires techniques, des produits courants à bon marché usités pour la préparation industrielle de l'hydrogène.

J'ai opéré, par exemple, avec un silicium d'origine allemande, préparé sans doute d'après le procédé de Bernhard Scheid et dosant :

Si	94
SiO^2	0,6
Fe	3

avec un ferro silicium de Girod, dosant 95 pour 100 de silicium et un autre ferro de même origine à 90 pour 100. Ce dernier produit, cassant, facilement pulvérisable, d'une fabrication courante, convient très bien pour l'opération.

Si l'on tient compte que le ferro à 95 pour 100 de silicium est plus coûteux et plus difficile à obtenir à cause de la volatilité de l'élément au four électrique, que d'autre part ce ferro à haute teneur s'est vendu pendant quelque temps à raison de 500^{fr} la tonne, on peut certainement

admettre pour le prix de revient du ferro à 90 pour 100 une somme inférieure à $0^{fr},50$ par kilogramme de silicium effectif, susceptible de mettre en liberté près de 10^{kg} de baryum. La préparation se ramène à un chauffage qu'il faut produire électriquement pour sa bonne régularisation, mais qui, effectué dans l'usine productrice du ferro silicium, avec de l'énergie électrique à bon marché, ne sera pas coûteux. Il apparaît donc que cette méthode de préparation du baryum est susceptible de fournir le baryum à bon marché et d'en faire, si les besoins l'exigent, un métal tout à fait industriel.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des réducteurs sur les chloraloses.* Note de MM. **M. Hanriot** et **A. Kling**, présentée par M. Armand Gautier.

Dans des Notes antérieures (*Comptes rendus*, t. 152, p. 1398 et p. 1596) nous avons montré que les divers chloraloses chauffés avec de l'ammoniaque alcoolique étaient réduits et que l'un des atomes de chlore était remplacé par de l'hydrogène. Il était intéressant de voir si d'autres réducteurs pouvaient présenter une réaction analogue, attendu que, d'ordinaire, les atomes de chlore du groupe CCl^3 résistent ou s'éliminent tous trois ensemble, le départ de l'un d'eux entraînant celui des autres.

Dans la présente Note nous établissons non seulement que la plupart des réducteurs peuvent remplacer dans les chloraloses 1 atome de chlore par 1 atome d'hydrogène, mais que certains peuvent même en enlever un second en donnant une série de corps qui seront les *bidéchlorochloraloses;* enfin, par l'action du sodium sur les chloraloses dissous dans l'ammoniac liquide, on peut enlever le dernier atome de chlore, mais dans ce cas, les corps que nous avons obtenus ont été incristallisables et n'ont pu être isolés à l'état de pureté.

Action de l'amalgame d'aluminium. — L'aluminium, activé par une solution faible d'un sel de mercure enlève 1^{at} de chlore à la molécule des chloraloses. A chaud ou à froid, en milieu neutre ou acide, son action reste la même; nous verrons plus loin qu'en milieu alcalin l'attaque peut être plus profonde.

α-chloralose. — On en dissout 10^g dans 1 litre d'eau, et on laisse agir l'amalgame d'aluminium pendant 48 heures en ayant soin d'ajouter de temps à autre un peu d'acide sulfurique pour redissoudre l'alumine qui se précipite; on suit la marche de

l'opération en dosant l'acide chlorhydrique mis en liberté. Quand la réaction est terminée on filtre la solution acide, on la rend franchement alcaline par l'ammoniaque, on recueille l'alumine sur une chausse, on la lave aussi complètement que possible et l'on évapore à sec le liquide filtré ainsi que les eaux de lavage, on reprend enfin par l'alcool qui dissout le déchlorochloralose formé. Le corps a été identifié avec celui obtenu dans l'action de NH^3 sur le chloralose par sa composition ($Cl = 25,19$), son point de fusion et son pouvoir rotatoire.

β-chloralose. — On opère comme ci-dessus; toutefois, comme le dérivé para est presque insoluble dans l'eau, on emploie, pour 10^g de *p*-chloralose, 500^{cm^3} d'alcool et 250^{cm^3} d'eau, et l'on chauffe à 50°. Le produit obtenu est purifié comme il est dit plus haut. Il fond à 154°-155° et contient 25,46 pour 100 de chlore.

Il a été identifié avec celui obtenu par l'action de NH^3 sur le chloralose par son produit d'oxydation au moyen de l'acide nitrique, que l'on convertit par l'ammoniaque en amide fusible à 161°.

L'hydrate d'hydrazine le transforme en hydrazide, aiguilles blanches fusibles à 192°.

Monodéchlorogalactochloralose. — L'amalgame d'aluminium réagit bien sur le galactochloral. Le produit obtenu fond à 130° et contient 24,5 pour 100 de chlore; son dérivé benzoylé fond à 146°, il est donc identique avec celui obtenu par l'action de l'ammoniaque sur le galactochloral.

Le zinc attaque à peine les chloraloses en milieu légèrement acide; avec le couple zinc-cuivre, l'attaque se produit mieux, les produits de la réaction sont les mêmes qu'avec l'amalgame d'aluminium.

Action de l'amalgame de sodium à 3 *pour* 100. — En milieu acide, l'amalgame de sodium donne la même réaction que le précédent, mais en outre enlève, bien que difficilement, un deuxième atome de chlore; en milieu alcalin, c'est cette dernière réaction qui prédomine, on l'obtient en partant soit du chloralose lui-même, soit du produit monodéchloré. La réduction doit se faire en milieu hydroalcoolique, en saturant de temps en temps l'excès d'alcali par un peu d'acide sulfurique. Fréquemment on dose l'acide chlorhydrique mis en liberté, et l'on s'arrête quand les deux tiers du chlore initial ont été ainsi solubilisés; on sature alors aussi exactement que possible par l'acide sulfurique, on neutralise l'excès de celui-ci par du CO^3Ca, on évapore à sec au bain-marie, on reprend par l'alcool bouillant qui dissout le produit formé, qu'on purifie par des recristallisations dans l'eau.

Bidéchloro-α-chloralose $C^8H^{13}ClO^6$. — Ce corps fond à 168°, est très soluble dans l'eau, l'alcool, l'alcool éthéré; il a donné à l'analyse :

	C	H	Cl
	= 40,08	= 5,58	= 14,6
Théorie...	39,90	5,39	14,90

Son pouvoir rotatoire est à peine sensible. L'amalgame de sodium ne lui enlève plus de chlore. Il n'a pu en être obtenu d'éther défini.

Bidéchloro-β-chloralose. — Ce corps est très analogue au précédent; il fond à 166°; il est soluble dans l'eau, l'alcool et l'éther, il n'a pas de pouvoir rotatoire. Son dérivé bibenzoylé cristallise en aiguilles fusibles à 149°.

Oxydation des bidéchlorochloraloses. — Les propriétés des bidéchlorochloraloses α et β étant presque identiques, il y avait lieu de se demander si l'arrachement du chlore n'avait pas détruit l'isomérie, d'ordre stéréochimique, qui existe entre les séries α et β. Nous avons soumis ces deux corps à l'oxydation pour tâcher de les différencier.

5g du dérivé β sont chauffés au bain-marie avec 15g d'acide nitrique étendu ($d = 1,15$). Il se dégage CO^2 et NO; on évapore à sec. Le produit n'ayant pu être obtenu cristallisé, on le redissout dans l'eau bouillante et on le sature par l'hydrate d'hydrazine. Par refroidissement, il se sépare de belles aiguilles blanches qu'on fait recristalliser dans l'éther acétique (point de fusion = 170°). Elles ont donné à l'analyse (pour 100) :

	C = 35,20;	H = 4,61;	N = 11,74;	Cl = 14,87
$C^7H^7O^6ClN^2H^4$ veut :	C = 35,41;	H = 4,73;	N = 11,61;	Cl = 14,66

Le sel ammoniacal correspondant est soluble.

L'oxydation de l'α-bidéchlorochloralose, tentée par les moyens les plus divers, a toujours brisé la molécule; nous n'avons pu isoler que de l'acide saccharique et de l'acide oxalique.

Essais d'enlèvement du troisième atome de chlore. — Le sodium dissous dans l'ammoniac liquide enlève aux chloraloses leurs 3at de chlore; le produit de la réaction est complexe et semble amener la destruction du noyau chloralosique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèses dans le groupe des indigoïdes.* Note de MM. **A. Wahl** et **P. Bagard**, présentée par M. A. Haller.

Après avoir indiqué les raisons qui nous avaient permis de prévoir l'aptitude réactionnelle de l'oxindol, nous en apportions dès 1909 (1) la confir-

(1) *Comptes rendus*, t. 148, 1909, p. 716 et t. 149, 1909, p. 132.

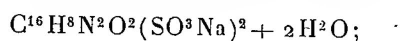
mation expérimentale dans le fait de la formation d'isoindogénides, d'isoindigotine et d'indirubine par condensation de l'oxindol avec les aldéhydes cycliques, l'isatine ou son chlorure.

Nous avons appliqué, depuis, ces deux dernières réactions aux dérivés substitués de l'isatine, ce qui nous a conduits d'une part aux isoindigotines dissymétriquement substituées, et de l'autre à des indirubines qui sont isomères de celles préparées par les procédés habituels.

I. *Oxindol et isatines.* — La condensation s'effectue, comme nous l'avons décrit, en milieu acétique, en présence d'une faible quantité de HCl. Dans le cas de l'isatine elle-même le rendement atteint 90 pour 100 de la théorie, mais si l'on vient à modifier les conditions, les résultats sont très différents. Ainsi, en milieu alcoolique, sous l'influence de C^2H^5ONa ou d'un alcali caustique, on obtient des produits incolores dont l'étude n'est pas terminée; en solution dans l'acide sulfurique concentré, la condensation s'accompagne d'une sulfonation et fournit l'acide *isoindigotine disulfonique*.

Ce dérivé sulfoné se prépare plus aisément de la manière suivante : on dissout une partie d'isoindigotine dans 30 à 40 parties de H^2SO^4 concentré, et chauffé au bain-marie, la solution rouge carmin devient peu à peu orangée, au bout de 1 heure on verse dans l'eau et l'on isole, à la manière habituelle, le sel de sodium.

L'*isoindigotine disulfonate de sodium* cristallise dans l'alcool étendu en feuillets bruns dont la composition répond à la formule



$$C^{16}H^8N^2O^2(SO^3Na)^2 + 2H^2O;$$

séché dans le vide à 100°, il devient anhydre. Il se dissout dans l'eau avec une coloration orangé rouge sensiblement identique à celle des solutions du produit non sulfoné ; c'est un colorant acide teignant la laine en nuances orangé rougeâtre.

Nous avons caractérisé l'acide disulfonique par quelques autres sels obtenus par double décomposition avec le sel de sodium :

Sel de calcium, cristallise en petites aiguilles rouges, renfermant $5H^2O$ qu'elles perdent à 100° dans le vide.

Sel de baryum, poudre rouge amorphe, insoluble dans l'eau.

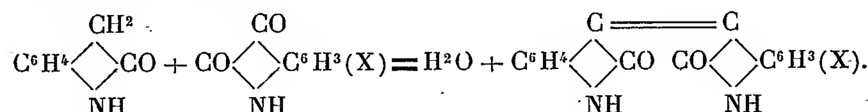
Sel d'argent, aiguilles rouges, solubles dans l'eau bouillante, renfermant $2H^2O$.

Sel de nickel. — Cristaux rouge brun peu solubles dans l'eau, renfer-

ment sensiblement $5 H^2O$ qu'ils perdent à 100° dans le vide. En décomposant le sel de Ba par la quantité calculée de H^2SO^4, on obtient l'acide libre qui est très soluble dans l'eau, l'alcool, etc.; traité par l'ammoniaque, il donne un sel ammoniacal également très soluble.

Il en résulte que la sulfonation de l'isoindigo fournit dans ces conditions un acide disulfonique analogue au carmin d'indigo et qu'on peut désigner sous le nom de *carmin d'isoindigo*.

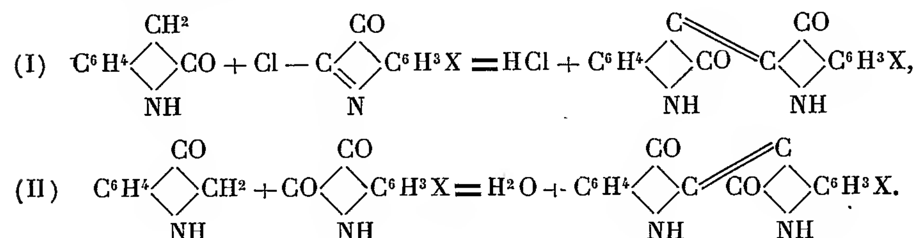
Si, dans la réaction qui fournit l'isoindigo, on remplace l'isatine par ses dérivés substitués, on obtient, avec la même facilité, des isoindigos dissymétriquement substitués :



Nous avons condensé ainsi l'oxindol avec la monobromo-5-isatine, la dibromo-5.7-isatine, la méthyl-5-isatine et la nitro-5-isatine.

La *monobromoisoindigotine*, la *dibromoisoindigotine*, la *méthylisoindigotine*, la *nitroisoindigotine* ainsi obtenues sont des composés cristallisés dont les propriétés se rapprochent de celle de l'isoindigotine et qui seront décrits dans un autre Recueil.

II. *Oxindol et chlorures d'isatines.* — Le chlorure d'isatine réagit en milieu benzénique sur l'oxindol pour donner l'indirubine, identique à celle obtenue en condensant, d'après Baeyer, l'indoxyle avec l'isatine [1]. Si l'on remplace le chlorure d'isatine par les chlorures des isatines substituées, la réaction fournit des indirubines substituées (I) différentes de celles que donnerait la réaction de Baeyer (II). Les formules suivantes rendent compte de cette isomérie.



[1] Wahl et Bagard, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. VII, 1910, p. 1090.

Nous avons pu montrer, en effet, que la monobromoindirubine obtenue à partir de l'oxindol, se distingue de celle préparée avec l'indoxyle, par sa solubilité et sa forme cristalline [1]. En étendant notre réaction aux chlorures de dibromoisatine et de nitroisatine, nous avons préparé des indirubines isomères de celles qui sont déjà connues; le chlorure de méthylisatine fournit une *méthylindirubine* qui doit être identique avec celle décrite dans le brevet D.R.P. 108128 de la B.A.S.F. et obtenue par la condensation de l'isatine avec le *p*-méthylindoxyle ou l'acide *p*-méthylindoxylique [2].

Ces nouvelles indirubines sont des colorants violacés, la nuance de leurs solutions ne diffère pas sensiblement de celle de l'indirubine elle-même; elles se dissolvent dans l'hydrosulfite alcalin en donnant des cuves jaunes. Les dérivés monosubstitués ne présentent pas beaucoup d'affinité pour la fibre qu'ils teignent en nuance lilas, peu corsée; la nitroindirubine teint en noir violacé par suite, sans doute, de la réduction du groupe nitré par l'hydrosulfite.

Seule, la dibromoindirubine fournit des teintures violettes nourries; elle est isomère avec le colorant qui résulte de la condensation de la dibromoisatine avec l'acide indoxylique, revendiqué par la Société pour l'Industrie chimique de Bâle, dans son brevet D.R.P. 203437, et étudié récemment par M. Friedlænder [3].

Au point de vue de la nuance et de la solidité, ces deux isomères ne présentent pas de différence appréciable.

Ces indirubines substituées pourraient également s'obtenir en condensant l'isatine avec les dérivés substitués de l'acide indoxylique, mais ces derniers, sauf l'acide *p*-méthylé, sont restés d'une préparation très difficile; c'est pourquoi elles sont demeurées inconnues jusqu'ici.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation du tétraiodure de carbone.* Note de M. **Marcel Lantenois**, présentée par M. C. Moureu.

Dans le but de préciser les propriétés essentielles du tétraiodure de carbone, nous avons repris l'étude des procédés de préparation indiqués jusqu'ici.

(1) Wahl et Bagard, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. IX, 1911, p. 56.

(2) Friedlænder, *Fortschritte der Teerfarbenfabrikation*, t. V, p. 398.

(3) Friedlænder, Bruckner et Deutsch, *Liebig's Annalen*, t. CCCLXXXVIII, 1912, p. 23.

Le premier en date, le procédé Gustavson ([1]), utilise l'action de l'iodure d'aluminium sur le tétrachlorure de carbone; mais les manipulations qu'il nécessite sont longues et d'autant plus délicates qu'elles doivent être effectuées à l'abri de toute trace d'air. De plus, l'emploi du sulfure de carbone présente l'inconvénient de donner des solutions de tétraiodure altérables, même lorsque l'on opère dans un gaz inerte; il y a formation de composés iodosulfocarbonés qui souillent l'iodure de carbone obtenu; aucun dissolvant, cependant, ne nous a paru susceptible d'être substitué au sulfure de carbone qui seul dissout l'iodure d'aluminium en assez forte proportion.

Henri Moissan a conseillé, en 1891 ([2]), l'action de l'iodure de bore sur le tétrachlorure de carbone, mais ce procédé est peu pratique, l'iodure de bore étant lui-même d'une préparation pénible.

En étudiant l'action iodurante de l'iodure de calcium sur diverses combinaisons organiques chlorées, Spindler a montré ([3]) que le tétrachlorure de carbone donnait, à 75°, après chauffage poursuivi 5 jours en tube scellé dans le vide, un rendement de 14,4 pour 100 en tétraiodure de carbone. Nous avons repris cette réaction et recherché si elle était susceptible d'être étendue à d'autres iodures métalliques.

Une étude systématique des rendements obtenus à diverses températures, et avec des iodures diversement hydratés, nous a montré que la formation du tétraiodure de carbone était en rapport intime avec l'état physique des substances réagissantes. La température extrême, qu'il ne faut point dépasser dans ces essais pour ne pas altérer l'iodure de carbone, est 90°-92°. Un iodure métallique réagira d'autant mieux sur le tétrachlorure de carbone que son point de fusion sera légèrement supérieur à cette température. Nous avons pu ainsi obtenir, par un chauffage de 5 jours à 75°, un rendement de 53,6 pour 100, avec de l'iodure de calcium d'une hydratation correspondant à 2^{mol} d'eau.

Nous préférons cependant, pour la préparation du tétraiodure de carbone, l'emploi de l'iodure de lithium qui nous a fourni d'une façon constante un produit très pur.

Nous avons reconnu que l'iodure de lithium à employer est celui qui renferme de 15 à 20 pour 100 d'eau (environ $1^{mol},5\ H^2O$). Il donne des rendements de 33 pour 100 après 5 jours de chauffage à 90-92°. L'opération doit être effectuée en tube scellé dans le vide, en présence d'un excès de tétrachlorure de carbone; après élimination de cet excès, les produits de la réaction sont repris par l'eau et l'iodure de carbone est recueilli, lavé et séché.

Les iodures de magnésium et de zinc hydratés donnent bien eux aussi du tétraiodure, mais la facilité avec laquelle ils s'hydrolysent est telle que l'iodure de carbone

---

([1]) Gustavson, *Comptes rendus*, t. 78, 1874, p. 1126.
([2]) Moissan, *Comptes rendus*, t. 113, 1891, p. 19.
([3]) Spindler, *Liebig's Annalen*, t. 231, 1885, p. 264.

est rapidement transformé en iodoforme par l'acide iodhydrique qui prend naissance.

Enfin, nous avons effectué une étude critique du procédé de préparation indiqué par Robineau et Rollin en 1894 (¹); ce procédé est basé sur l'action de l'hypochlorite concentré en milieu très alcalin sur l'iodoforme.

La transformation s'effectue progressivement à la température de 40°-50°; mais il est préférable de provoquer une réaction instantanée en chauffant à 80°-90° une solution très alcaline d'iodure de potassium et ajoutant une faible proportion d'acétone, puis de l'hypochlorite concentré. Nous avons reconnu que cette dernière technique donnait immédiatement du tétraiodure renfermant seulement 10 pour 100 environ d'iodoforme. Nous avons effectué l'étude de la purification de ces produits : Robineau et Rollin avaient conseillé la cristallisation dans le chloroforme, mais l'iodoforme est entraîné et le tétraiodure en renferme toujours des traces qui modifient ses propriétés et nuisent à sa conservation.

L'emploi combiné de l'éther de pétrole et de la benzine nous a donné d'excellents résultats; l'éther de pétrole léger ne dissout en effet à l'ébullition qu'une proportion très faible de tétraiodure et entraîne tout l'iodoforme; une dernière cristallisation dans la benzine donne un produit très pur.

Nous avons pu, en utilisant ce procédé ainsi modifié, obtenir d'une façon constante de l'iodure de carbone d'une pureté absolue.

Le tétraiodure de carbone pur se présente sous forme d'octaèdres d'une belle couleur rouge rubis. Il possède une faible odeur très particulière et non désagréable. La densité indiquée par Gustavson était de 4,32 à 20°,2; nos déterminations nous ont donné comme moyenne à 0° le chiffre de 4,50. Les meilleurs dissolvants sont le sulfure de carbone, la benzine et l'acétone. C'est ainsi que la solution benzénique saturée à l'ébullition renferme 15^g,99 pour 100 de tétraiodure; à 16°, elle en contient 9,32 pour 100.

MINÉRALOGIE. — *Sur les figures de déshydratation*. Note de M. C. Gaudefroy, présentée par M. Wallerant.

Il est généralement admis que la déshydratation des cristaux se manifeste par des taches efflorescentes et opaques. Aucun cas de déshydratation

(¹) Robineau et Rollin, *Monit. scient.*, 4e série t. VIII, 1894, p. 341.

transparente n'a été signalé, à ma connaissance, si ce n'est celui qu'a trouvé M. Gaubert [1] en chauffant le gypse dans la glycérine. Pourtant ce mode est très fréquent et j'ai pu constater que la plupart des figures de déshydratation étudiées par Carl Pape [2] et Eug. Blasius [3] présentent une première phase transparente dont il reste des traces sur les figures effleuries. Cette particularité, difficile à remarquer directement, est mise en évidence par l'étude des figures au microscope polarisant.

Lorsqu'on met un cristal à l'extinction entre nicols croisés, les figures de déshydratation apparaissent généralement lumineuses comme des lamelles cristallines biréfringentes extrêmement minces, orientées d'une façon quelconque. Pourtant elles ne restent pas transparentes. A mesure que les bords de la tache progressent, la partie centrale se fissure en devenant plus épaisse, les fragments se déplacent et produisent ainsi l'efflorescence opaque. Mais la bordure reste lumineuse.

La déshydratation semble bien être alors un cas de transformation cristalline, et l'attention se porte sur la surface de contact entre le cristal qui se transforme ou cristal primaire et le cristal résultant ou cristal secondaire.

Parfois la limite commune est imposée par le cristal secondaire : celui-ci s'accroît par les mêmes faces qu'en solution. Ce cas se présente pour les sulfates O 7 de la série magnésienne obtenus en solution acide.

Mais le cas contraire se produit aussi. Alors la surface de contact est un polyèdre dont les faces sont parallèles à celles du cristal primaire. J'ai obtenu de telles figures sur les cristaux d'un certain nombre de sels, particulièrement les sulfates O 7, M 7, T 5 de la série magnésienne.

Je prendrai comme exemple le sulfate de cuivre. Blasius [3] a déjà signalé qu'en mettant les cristaux de sulfate de cuivre T 5 dans l'alcool absolu vers 50° pendant quelques heures, on obtient des figures anguleuses, régulières sur certaines faces, mauvaises sur d'autres. J'en ai obtenu de très régulières sur toutes les faces en mettant les cristaux pendant quelques instants dans l'alcool bouillant. Elles sont transparentes et biréfringentes, et s'effleurissent d'ailleurs bientôt. On obtient des figures analogues ayant plusieurs millimètres de longueur, mais très effleuries en élevant la température de l'alcool à 100°.

Chose remarquable, une même figure n'est pas formée dans toute son étendue d'une seule plaque cristalline, mais de plusieurs juxtaposées et

---

(1) *Bull. Soc. Min.*, t. XXIV, 1901, p. 476.

(2) *Pogg. Ann.*, t. CXXIV, CXXV, CXXXV, CXXXVIII, 1865-1868.

(3) *Zeits. f. Kryst.*, t. X, 1885, p. 221.

différemment orientées, et néanmoins une limite commune unifie tous ces cristaux et les côtés restent bien rectilignes.

Ces figures ne sauraient être attribuées aux irrégularités accidentelles du cristal primaire, car, en quelque point d'une face qu'elles prennent naissance, elles s'accroissent dans toutes les directions en conservant la même forme.

Sur une même face, toutes les figures sont des polygones semblables et semblablement orientés; sur deux faces opposées, des polygones symétriques par rapport au centre; sur des faces différentes, des polygones différents, conformément à la symétrie du cristal primaire.

Lorsqu'une figure naît sur le bord d'une face, elle s'étend bientôt jusque sur la face voisine, et chaque moitié ressemble aux autres figures de la face correspondante. Cette remarque permet d'établir une relation simple entre les figures qu'on obtient sur les différentes faces. Les plaques minces qu'elles limitent sont des polyèdres cristallographiquement identiques ayant pour faces m, t, g^1, $b^{\frac{1}{2}}$, $i^{\frac{1}{2}}$ (1). Ces polyèdres sont donc tricliniques comme le cristal primaire, mais moins riches en faces.

Comme vérification de cette hypothèse, les figures obtenues sur une surface quelconque doivent être semblables à l'intersection de ce polyèdre avec la surface considérée. On observe en effet, sur les faces de cassure conchoïdales, des polygones curvilignes qui ont cette propriété.

La déshydratation produit donc ici une pseudomorphose partielle dans laquelle le polyèdre de transformation, indépendant des cristaux secondaires qu'il contient, imite le cristal primaire aux dépens duquel il s'accroît.

BOTANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur l'origine botanique des bois commerciaux du Gabon.* Note (2) de M. **Aug. Chevalier**, présentée par M. Edmond Perrier.

L'exploitation des bois du Gabon pour la vente en Europe a pris en quelques années un grand développement. Ce commerce existait déjà à Libreville en 1850 (H. Hecquard), mais en 1896 l'exportation totale des

(1) D'après la notation de Mallard et Termier : *Recueil des données cristallographiques et physiques*, 1905, p. 50.

(2) Présentée dans la séance du 28 avril 1913.

bois de cette colonie n'était encore que de 3679 tonnes. Ce chiffre passait à 32226 tonnes en 1906 pour atteindre 108242 tonnes en 1911 (statistiques du Ministère des Colonies).

Sauf pour ce qui concerne l'Okoumé, dont l'origine botanique a été fixée en 1896 par L. Pierre à l'aide de spécimens d'herbier recueillis par le R. P. Klaine, les renseignements sur les bois exportés du Gabon étaient encore dans ces derniers temps ou inexistants ou erronés. L'étude des matériaux recueillis récemment par nous et par M. F. Fleury, secrétaire de la Mission permanente d'Agriculture coloniale, nous permet de combler cette lacune.

Sur 108000 tonnes exportées en 1911, 91,471 tonnes, soit plus des $\frac{9}{10}$, figurent dans les statistiques sous le nom d'Okoumé. Le vrai Okoumé provient de l'*Aucoumea Klaineana* Pierre, de la famille des Burseracées, mais les exploitants glissent souvent dans les lots de bois exportés d'autres troncs d'arbres, et notamment des billes de fromager (*Eriodendron*) qui en déprécient beaucoup la valeur, car ces bois n'ont pas les mêmes propriétés. On sait que le bois d'Okoumé se vend surtout en Allemagne et est employé principalement pour la fabrication des boîtes à cigares.

L'*Aucoumea* est répandu le long de la côte de l'Afrique équatoriale depuis la Guinée espagnole jusqu'à l'embouchure du Congo, mais il ne paraît pas pénétrer loin dans l'intérieur. Nous ne l'avons observé ni au moyen Congo français, ni au moyen Congo belge, mais nous avons constaté sa fréquence au Mayumbe belge, où il n'avait pas été signalé.

Au Gabon, les peuplements sont parfois assez denses et se rencontrent aussi bien dans la forêt de formation secondaire que dans la forêt primitive. D'autres grands arbres de la même famille appartenant à des espèces des genres *Pachylobus* et *Canarium*, communs dans la forêt de l'Afrique équatoriale, fournissent un bois analogue, mais ils ne sont pas exploités.

Le *Bois corail* (bois rouge du Gabon) Padouk africain, s'exportait autrefois en assez grande quantité comme bois de teinture pour remplacer le bois de Campêche. Actuellement, on ne trouve plus des débouchés que pour quelques centaines de tonnes par an, mais l'espèce productrice est encore commune au Gabon et au Cameroun. Cette espèce est le *Pterocarpus Soyauxii* Taub.

Nous avons pu nous en assurer en identifiant les rameaux d'arbres abattus sous nos yeux avec le type même de Taubert qui provenait du reste du Gabon. C'est un arbre de grande taille dont le tronc peut dépasser 1^m de diamètre. Lorsque le diamètre excède 40^{cm}, le duramen durcit et vire au rouge sang. L'aubier et le cœur des jeunes arbres est blanc et sans valeur.

L'*ébène du Gabon* est connu depuis plus d'un demi-siècle sur les marchés d'Europe; aussi il s'est raréfié près de la côte. La quantité exportée en 1911 par toute la colonie était seulement de 500 tonnes; ce chiffre s'accroîtra lorsque le commerce s'avan-

cera dans l'intérieur de la forêt, car l'ébène du Gabon est un très beau bois, d'un noir franc se polissant parfaitement et ayant des débouchés certains.

L'essence qui fournit ce bois est une Ébénacée, le *Diospyros Evila* Pierre (Mss. in Herb. Mus. Paris), espèce encore imparfaitement connue, nous paraissant très voisine du *Diospyros flavescens* Gürke du Cameroun et qu'il faudra peut-être lui identifier lorsque les fleurs de la première espèce encore inconnues auront été observées. Le bois des jeunes arbres est entièrement blanc et ce n'est que lorsque leur diamètre atteint 30^{cm} à 40^{cm} que le cœur devient noir.

L'*acajou du Gabon* donne lieu au commerce le plus important après celui du bois d'Okoumé. En 1911 il en a été exporté 4891 tonnes. Ce bois est fourni par de très grands arbres de la famille des Méliacées. Au Gabon, les espèces productrices sont connues des indigènes sous les noms d'*Amanguila* (pahouin) et appartiennent au genre *Khaya*, dont une espèce, *K. Klainei* Pierre, est très voisine et peut-être même identique (d'après Pellégrin) au *K. ivorensis* A. Chev., producteur de la plus grande partie de l'acajou de la Côte d'Ivoire. Les autres espèces que nous avons recueillies au Gabon et vu exploiter n'ont encore pu être identifiées, faute de matériaux en fleurs; elles nous ont paru se rapprocher des *K. grandis* Sprague de la Nigeria du Sud et *K. anthoteca* C. DC. de l'Angola et elles devront probablement leur être identifiées par la suite.

L'acajou du Gabon n'est pas apprécié sur les marchés d'Europe comme il le mérite, la plupart des exploitants ne le présentant pas en lots bien choisis et bien uniformes.

Du reste, outre les bois signalés ci-dessus, il existe dans la forêt du Gabon, ainsi que nous le montrerons dans une prochaine étude, d'autres espèces d'arbres inconnus des colons et complètement inexploités, qui ont une valeur égale ou même supérieure à ceux dont on tire déjà parti. Nous avons notamment reconnu la présence d'espèces produisant des acajous qui, de l'avis des experts compétents, sont susceptibles de rivaliser avec les plus belles sortes de Honduras et de Cuba.

BOTANIQUE. — *Sur la question de la propagation des rouilles chez les Graminées*. Note de M. J. **Beauverie**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Nous avons été amené, au cours de recherches sur la propagation des rouilles, à faire une première série d'observations que nous croyons devoir publier, bien qu'encore incomplètes; elles ont trait à la présence relativement fréquente d'organes conservateurs ou reproducteurs de rouille dans

l'intérieur même des semences de Graminées. Ces observations ont été faites à Beynost (Ain), dans les environs de Lyon.

Ayant été frappé par la nuance brune de certains épis dans un champ de blé, vers le milieu de juin 1912, nous recueillîmes quelques-uns de ces épis pour les mettre en liquides fixateurs. L'examen que nous fîmes plus tard, à l'aide de coupes minces, nous permit de reconnaître facilement, dans le tissu parenchymateux du sillon, de nombreux sores à urédospores et à téleutospores ainsi que l'existence de mycélium en continuité avec les stroma de ces sores. Ce mycélium est nettement intercellulaire, envahissant cependant quelquefois les cellules; il est cloisonné et ramifié. Il est utile d'en bien étudier les caractères afin de le reconnaître dans les cas où il n'est pas en relation avec des éléments reproducteurs. Ce mycélium s'étend aussi dans le péricarpe en dehors de la région du sillon. Il s'agissait du *Puccinia glumarum*.

Ces observations n'ayant été faites qu'après la récolte, et à l'époque où la moisson du blé est passée, nous ne nous étions pas tout d'abord douté de l'intérêt de ces épis, aussi n'avions-nous pas poussé notre enquête en pleins champs. Toutefois, quelques graines conservées en herbier nous permirent de constater que la faculté germinative de telles semences était restée entière.

Dès le mois de septembre, notre attention était attirée sur la question de la présence d'organismes de rouille dans les graines, aussi nous nous attachâmes à leur recherche sur diverses Graminées en épi à cette épopue de l'année. Nos recherches furent couronnées de succès au delà de ce que nous pouvions prévoir. Nous avons examiné soit des Céréales cultivées par nous, soit des céréales recueillies en pleins champs (Avoine), soit des Graminées sauvages trouvées un peu partout.

Nous pouvons dire que toutes les fois que nous avons recueilli des pieds de Graminées fortement rouillés, avec des taches de rouille sur le rachis, à la base des épillets, sur les épillets eux-mêmes (glume et glumelles), nous avons trouvé du mycélium dans l'intérieur du grain, avec une localisation qui est presque toujours le péricarpe, mais qui peut, dans certains cas fort curieux et d'ailleurs *exceptionnels* (observation sur l'Orge Chevalier), s'étendre à la zone protéique et envahir largement l'albumen. Il existe, à la périphérie de la zone protéique, une membrane fortement épaissie qui semble jouer un rôle protecteur très important; elle oppose une barrière qui paraît normalement infranchissable au mycélium du Champignon dont les gros filaments intercellulaires viennent s'appliquer contre elle pour la

suivre en ondulant sur des longueurs parfois considérables. Dans le cas que nous venons de citer, d'un mycélium dans l'albumen, nous avons pu nous rendre compte que la membrane en question était fissurée et qu'il y avait même des bactéries dans cette zone. Ce mycélium était intercellulaire, envahissant quelquefois l'intérieur des cellules, mais respectant toujours les grains d'amidon entre lesquels il se faufilait. Ses caractères histologiques, l'existence de sores dans le péricarpe, nous autorisent à penser qu'il s'agissait bien là de mycélium d'Urédinée. Tout nous porte à croire que de telles graines ont conservé leur valeur germinative, car on sait qu'une simple lésion de l'albumen ne porte généralement pas préjudice à la germination.

L'étude de la manière dont se comporte le mycélium de telles graines au cours de la germination eût été particulièrement intéressante; nous n'avons pu l'entreprendre, mais l'observation en question nous ouvre la voie d'une méthode expérimentale que nous allons mettre en œuvre : contamination directe des jeunes épis en même temps que lésion des grains jusqu'au delà de la membrane de défense recouvrant la couche à aleurone; ensuite, mise en germination des graines contaminées obtenues et étude de l'évolution du mycélium de la rouille. C'est par cette méthode, croyons-nous, qu'on pourra espérer résoudre la question de savoir si les grains de Graminées peuvent transmettre la rouille par les organes de ces champignons qu'ils peuvent renfermer.

Le mycélium paraît respecter l'embryon, mais il faudrait voir si l'on ne pourrait pas permettre artificiellement sa pénétration par la méthode des lésions. Ces lésions peuvent se produire d'ailleurs accidentellement dans la nature [1]. Le mycélium est, par contre, généralement fort abondant dans les cavités qui se produisent par déchirement entre l'embryon et le péricarpe.

Lorsque les grains sont vêtus, le mycélium se trouve naturellement particulièrement abondant dans le tissu des glumelles où les sores peuvent s'apercevoir à l'œil nu, mais ce mycélium s'étend encore vers l'intérieur jusque contre la zone protéique.

Les espèces sur les graines desquelles nous avons fait ces observations sont, chez les Céréales cultivées : le Blé, des Avoines (A. blanche de Ligowo et A. noire de Hongrie), l'Orge (O. Chevalier); chez les Graminées sau-

---

(1) Nous avons observé l'envahissement d'un embryon d'une graine en germination par un mycélium; il était accompagné de bactéries. Nous ne pouvons dire s'il s'agissait d'un mycélium de rouille.

vages : *Bromus mollis*, *Brachypodium pinnatum*, *Agropyrum caninum* et *A. repens*. Rien n'est plus facile que de trouver, à l'automne, des graines infestées chez l'*Agropyrum caninum*, par exemple.

Nous avons fait germer un certain nombre de ces graines et nous avons examiné sous la loupe binoculaire à dissection, et ensuite au microscope, les plantules issues de ces germinations. Nous avons pu parfaitement observer, comme déjà l'avait fait Pritchard, du mycélium *entre* les gaines foliaires (par conséquent, si ce mycélium est un mycélium de rouille, il contaminera les feuilles *par l'extérieur*, conformément au processus général chez les Rouilles) dans le cas de l'*Agropyrum*. Nous nous gardons cependant de tirer aucune conclusion de ces faits, encore insuffisants. Eriksson dit, à propos du travail de Pritchard, qu'il peut s'agir d'un mycélium de saprophyte; cela peut être vrai, bien qu'on se rende difficilement compte de la présence d'un tel mycélium dans une station aussi abritée.

Cette recherche du mycélium dans les germinations est longue et délicate, nous la poursuivons et nous ajouterons à l'observation directe la méthode expérimentale que nous avons esquissée plus haut.

En résumé, la présence d'organes de conservation ou de reproduction des rouilles (mycélium, urédospores et téleutospores) dans l'intérieur des semences de Graminées cultivées ou sauvages est assez fréquente pour qu'il y ait lieu d'en tenir le plus grand compte dans l'étude de la question de la propagation des rouilles. Nos observations sont encore insuffisantes pour que nous puissions émettre une affirmation quelconque au sujet de l'efficacité de ces organes pour la transmission des rouilles par les semences; nous les poursuivons avec le dessein d'y adjoindre la méthode expérimentale.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Observations sur la préparation du Cacao.* Note de M. E. **Perrot**, présentée par M. Guignard.

Le Cacao qui arrive des régions productives sur nos marchés a subi, dès sa récolte, une fermentation qui s'opère dans des conditions encore mal déterminées et dont le résultat est de fournir à l'industrie un produit de qualité extrêmement variable.

Cette opération poursuit le double but de détruire la pulpe mucilagineuse et sucrée qui adhère fortement aux graines dans le fruit et d'amener dans l'amande des transformations chimiques utiles.

Au cours de la fermentation pulpaire, qui n'est autre qu'une fermentation alcoolique occasionnée par une levure (*Saccharomyces Theobromæ* Preyer), la température s'élève vers 45°-50° dans le centre de la masse, et le tissu cotylédonaire ne tarde pas à accuser par un changement de couleur, de violet au brun, la preuve des modifications intimes qui se produisent dans sa constitution.

C'est seulement au cours de ces dernières années que les observateurs ont cru devoir dissocier les deux phénomènes et, parmi eux, il faut citer Preyer, Sack, Fickendey et Lambert.

Il est incontestable que, pour rendre la préparation du Cacao plus rationnelle et plus aisée, il faudrait séparer les deux préparations, dépulpage et fermentation du grain, en les conduisant méthodiquement et scientifiquement.

Étant parvenu à nous procurer un certain nombre de cabosses fraîches de Cacao, nous en avons soumis les graines à différentes séries d'essais, desquels il résulte que, si la fermentation alcoolique en usage pour la préparation a pour but principal de permettre l'élimination aisée de la pulpe, elle ne doit pas être complètement sans action sur les transformations intimes des tissus de la graine.

En effet, s'il paraît vraisemblable que ces dernières sont uniquement dues à des actions diastasiques, celles-ci apparaissent seulement aussitôt que le contact prolongé de la masse en fermentation a tué, avec la puissance germinative de l'embryon, la vie cellulaire elle-même. La chaleur développée est favorable à ces actions diastasiques qui se manifestent par l'attaque des combinaisons tanniques et l'apparition de la couleur brune.

Fickendey proposait de dépulper à l'aide d'alcool à 90°; mais c'est là un simple procédé de laboratoire et l'on peut obtenir ce résultat, comme nous l'avons fait en laissant, pendant quelques heures et à la température de 45° à 50°, les graines fraîches macérer dans de l'eau additionnée de 1 pour 100 de carbonate de soude. Soumises ensuite à un brossage mécanique dans de l'eau, elles se débarrassent très suffisamment de leur pulpe. On peut ensuite les abandonner dans des caisses ou des chambres spéciales, dans des conditions telles que la dessiccation ne se fasse que très lentement; les transformations dues aux diastases se produisent alors sans autre intervention.

On obtiendrait ainsi un Cacao de meilleure apparence et d'excellente qualité. Malheureusement la difficulté d'éviter les moisissures subsiste tout entière, c'est pourquoi nous avons pensé à recourir à d'autres procédés.

Grâce à la complaisance de M. le Gouverneur Angoulvant, un des inspecteurs de l'Agriculture, M. Bervas, a bien voulu se mettre à notre disposition pour de nouvelles recherches que nous avons orientées dans le sens de la stérilisation sur place des graines fraîches.

Par simple action de la vapeur d'eau sous légère pression à l'autoclave, on obtient des graines qui, débarrassées mécaniquement de leur pulpe, ont bel aspect et chez lesquelles la chair de l'amande conserve, après dessiccation, sa belle couleur violette, preuve qu'aucune transformation chimique portant sur les composés tanniques ne s'est opérée. Ces graines stérilisées et réduites

en poudre ont été soumises à deux séries d'essais, les uns d'ordre chimique, les autres d'ordre biologique. Sans entrer dans des détails que ne comporte pas cette Note, nous dirons seulement qu'il est parfaitement possible d'obtenir, *in vitro*, sur cette poudre stérilisée, des transformations comparables à celles qui se produisent dans la graine au cours de la préparation actuellement en usage aux colonies.

Les solutions alcalines faibles, la torréfaction bien conduite, le contact de pulpes fraîches de végétaux riches en certaines diastases, amènent cette transformation des matières tanniques qui s'accompagne de mise en liberté de théobromine.

Les conclusions de cette première série d'études sont surtout d'ordre économique et doivent attirer l'attention des colonies productrices; elles peuvent se résumer ainsi :

1° La méthode actuelle de préparation du Cacao peut être sans doute avantageusement modifiée en utilisant d'abord un dépulpage mécanique après contact de la pulpe externe avec une solution alcaline faible, puis en abandonnant les graines en milieu humide et chaud jusqu'à transformation suffisante de la pulpe;

2° Il serait préférable de préparer à la plantation même du Cacao stérilisé à l'aide de la vapeur d'eau, puis séché, car l'industrie recevrait ainsi, comme elle le désire en vain, un produit inaltérable et constant pour une même plantation, qu'elle traiterait ensuite selon ses désirs. Les résultats obtenus sur notre demande et nos indications de l'emploi industriel de ce Cacao stérilisé sont assez encourageants pour attirer l'attention des colonies intéressées, qui retireraient des avantages considérables de l'usage de ce procédé.

PHYSIOLOGIE. — *Recherches sur la sexualité dans les naissances.* Note (1) de MM. **A. Pinard** et **A. Magnan**, présentée par M. Ed. Perrier.

Le problème du déterminisme du sexe chez l'homme et les animaux a attiré depuis longtemps l'attention des biologistes qui ont cherché les relations qui pouvaient exister entre la sexualité et les causes physiologiques. Pour l'espèce humaine particulièrement, les auteurs se sont préoccupés tout d'abord de comparer le nombre des garçons à celui des filles et ils ont

(1) Présentée dans la séance du 28 avril 1913.

recherché si cette comparaison ne leur permettrait pas d'expliquer, en partie, l'origine des sexes.

Nous allons examiner, à notre tour, les documents relatifs aux accouchements pratiqués à la Clinique Baudelocque, dirigée par l'un de nous. La statistique que nous allons donner mérite toute confiance, car elle est scientifiquement organisée.

Chaque femme possède sa feuille, sur laquelle sont mentionnés, avec les observations qu'on a pu faire à son sujet, le sexe, le poids et les mensurations concernant l'enfant mis au monde. Ces données très sérieuses constituent donc des documents d'étude aussi précieux que rares.

Lorsqu'on dépouille les statistiques du Ministère de l'Intérieur, on est à même de faire une remarque très générale. En France, d'une façon presque invariable, le nombre des naissances masculines l'emporte sur le nombre des naissances féminines.

Considérons les enfants sortis vivants de la Clinique Baudelocque et recherchons le taux de masculinité, c'est-à-dire le rapport du nombre des garçons à celui des filles. Appliquons ce procédé aux données que nous a fournies l'étude d'une période de 20 années, de 1891 à 1910 inclus :

	Nombre d'accouchements.	Nombre de garçons.	Nombre de filles.	Nombre de garçons pour 100 filles.
Période de 1891 à 1910 ..	42183	19122	18630	102

L'excédent des naissances masculines est donc caractéristique. Mais est-ce là un phénomène général et le fait existe-t-il si l'on étudie les chiffres année par année? Nous allons donc examiner le rapport du nombre des garçons à celui des filles pour chacune des 20 années de 1891 à 1910 (voir le Tableau de la page 1398).

Le nombre des garçons est ici encore, d'une façon presque générale, supérieur à celui des filles. Le fait, loin d'être exceptionnel, est donc presque constant.

Mais, à côté de ces enfants sortis vivants, il y a lieu de considérer ceux qui ont été engendrés morts : les morts-nés.

Il peut exister des incertitudes quand il s'agit d'une statistique municipale, car on sait que de nombreuses causes d'erreurs peuvent être introduites. En particulier, bien des morts-nés en France ne sont pas déclarés pour des raisons très diverses. Mais, dans notre cas, la statistique est impeccable : aucune critique ne peut être formulée. Tous les morts-nés sont comptés et les documents ont la même valeur que ceux concernant les enfants vivants. Nous y ajouterons les enfants qui, nés vivants, sont décédés pendant les quelques jours que la mère est obligée de rester à la clinique.

Années.	Nombre d'accouchements.	de garçons.	de filles.	de garçons pour 100 filles.
1891	1659	767	725	105
1892	1826	839	813	103
1893	1922	913	859	106
1894	2137	985	1004	98
1895	2077	961	969	99
1896	2270	1098	995	110
1897	2313	993	1115	89
1898	2299	1049	1044	100
1899	2505	1148	1132	101
1900	2443	1137	1076	105
1901	2222	998	1006	99
1902	2013	913	877	104
1903	2157	970	931	104
1904	1854	800	801	99
1905	1986	889	861	103
1906	2147	957	916	104
1907	2060	918	877	104
1908	2202	1012	903	112
1909	2103	901	915	98
1910	1988	874	811	107

Pour connaître le nombre exact des naissances masculines par rapport à celui des naissances féminines, il nous faut donc ajouter aux enfants vivants les fœtus morts pendant la gestation et le travail, et les enfants morts après la naissance. Ces fœtus et enfants ont été étudiés par nous dans une Note précédente [1]. Nous aurons ainsi le nombre absolu des garçons et des filles procréés, moins les embryons expulsés dans les avortements et pour lesquels les sexes n'ont pu être déterminés (voir Tableau, p. 1399).

Ces chiffres nous montrent que l'excès du nombre des garçons procréés sur celui des filles est beaucoup plus grand que lorsqu'on examine seulement les enfants nés et sortis vivants. La raison en est, comme nous l'avons mis en lumière, que le sexe mâle est plus éprouvé que le sexe féminin pendant l'accouchement.

(1) A. Pinard et A. Magnan, *Sur la fragilité du sexe mâle* (*Comptes rendus*, 3 février 1913).

Années.	Nombre d'accouchements.	de garçons.	de filles.	de garçons pour 100 filles.
1891	1659	855	797	107
1892	1826	915	875	104
1893	1922	973	921	105
1894	2137	1061	1062	99
1895	2077	1072	1053	101
1896	2270	1192	1065	111
1897	2313	1076	1198	89
1898	2299	1139	1130	100
1899	2505	1140	1212	93
1900	2443	1229	1154	106
1901	2222	1122	1086	103
1902	2013	1003	951	105
1903	2157	1066	1034	103
1904	1854	895	890	100
1905	1986	1006	929	108
1906	2147	1069	991	106
1907	2060	1016	961	104
1908	2202	1146	996	115
1909	2103	1013	996	101
1910	1988	986	905	108
	42183	21074	20206	104

MÉDECINE. — *La pression et la thermométrie en cryothérapie.* Note (¹) de M. **Henri Béclère**, présentée par M. d'Arsonval.

Nous voulons attirer l'attention sur la mesure des pressions d'application et sur l'emploi judicieux de mesures thermométriques en cryothérapie, dans le but de caractériser d'une façon aussi précise que possible les diverses variables.

Au point de vue de la pression nous avons réalisé un appareil dans lequel un ressort transmet la pression à la surface froide appliquée sur la région à traiter. Un index montre directement la valeur en kilogrammes et fractions de kilogrammes de la force de contact, et il est par suite très facile de ramener cette lecture à l'évaluation de la pression (kilogrammes par centimètre

(¹) Présentée dans la séance du 21 avril 1913.

carré) en tenant compte, naturellement, de la surface d'application (en centimètres carrés).

Dans notre appareil, le contact ne se fait pas directement par un crayon de neige carbonique, mais le corps réfrigérant est placé à l'intérieur d'un récipient métallique, par suite, stérilisable. Le Dr Bordas a montré, au point de vue hygiénique, les avantages de ce procédé décrit par lui dans le *Compte rendu* du 6 janvier 1913.

Ce récipient a été avantageusement réalisé par un tube cylindrique, d'un métal quelconque, peu conducteur et dont le fond, présentant la surface et la forme nécessaires à l'application est, au contraire, d'un métal très mince et très conducteur. En l'espèce, nous avons choisi le cuivre rouge. La transmission des frigories se fait donc très facilement à travers cette plaque tandis que l'apport des calories provenant du milieu extérieur est empêché, dans la plus large mesure, par l'emploi d'une enveloppe athermisante constituée par une double gaine d'ébonite ou de préférence de liège. Le récipient lui-même peut s'enlever de son enveloppe extérieure dans le but de faciliter le renouvellement de la surface réfrigérante ou le changement des surfaces d'application.

L'emploi du récipient métallique, d'une seule pièce, qui supprime les raccords par filets, nous a paru préférable aux dispositifs jusqu'alors employés.

L'utilisation de cet appareil nous a déjà conduit à des expériences intéressantes. Mais nous devons d'ailleurs dire que ces expériences doivent être complétées par des mesures thermométriques qui, quel que soit l'appareillage employé, nous paraissent être d'une nécessité absolue. Elles nous permettent de prévoir avec une certitude plus complète les réactions obtenues en un temps déterminé. Ces mesures ne peuvent être faites utilement avec des thermomètres à toluène ou autre, à cause des difficultés de contact avec le corps froid, du volume trop considérable de l'appareil de mesure et, par suite, de sa capacité calorifique importante. Les soudures thermo-électriques (fer, constantan) nous ont donné d'excellents résultats et elles nous ont permis, non seulement de mesurer la température à l'intérieur du mélange frigorifique, mais aussi à la surface d'application, à l'intérieur de la partie à traiter et même dans une zone que nous appelons *de protection* et dans laquelle nous devons respecter l'intégrité des tissus. Ces mesures sont nécessaires pour vérifier à chaque instant si la transmission des frigories se fait d'une façon normale. Il arrive souvent, en effet, lorsqu'on emploie de la neige carbonique, par exemple, qu'un contact intime n'existe pas entre le fond du récipient et la neige. C'est même ce qui a pu faire croire que les

mélanges : alcool, éther, acétone, essence et neige étaient des mélanges réfrigérants. Il n'en est rien, ces corps agissent simplement comme liquides incongelables, formant avec la neige carbonique une mixture ou une dissolution et assurant un contact intime et, par suite, une parfaite transmission des frigories à la surface métallique servant à l'application. Nous n'avons jamais pu obtenir par ces procédés une température inférieure à celle de la neige carbonique elle-même, c'est-à-dire environ moins 80°.

Nous avons d'ailleurs pu contrôler par ces mesures thermométriques que la température intérieure du récipient n'était pas seule intéressante, car certains récipients, par suite d'un isolement calorifique insuffisant, relèvent notablement la température d'application et il n'est pas rare de constater de ce fait, pour des températures intérieures de moins 80°, un déchet de 20°.

PHYSIOLOGIE. — *Sur les relations osmotiques des globules rouges avec leur milieu; rôle de l'état électrique de la paroi.* Note [1] de M. **Pierre Girard**, présentée par M. Dastre.

Dans un sang veineux ou asphyxique riche en CO^2 les globules se gonflent malgré l'augmentation du Δ du sérum (von Limbeck). Cette action n'est d'ailleurs pas spécifique de cet acide; elle est liée d'une façon générale à la présence d'ions H^+ dans le milieu intergranulaire; dans de tels milieux, même hypertoniques au sérum, les hématies se gonflent.

Ce n'est donc pas seulement de la pression osmotique du milieu intergranulaire que dépend le volume de l'hématie comme le veut la loi d'Hamburger.

Nous avons envisagé l'intervention d'un facteur électrostatique; on sait que la paroi de l'hématie porte, dans le sérum et dans des solutions de différents sels neutres, une charge électrique négative; la présence d'ions H^+ dans la liqueur intergranulaire atténue considérablement la densité de cette charge et, pour une concentration suffisante, en inverse le signe.

Il nous a paru qu'il pouvait se faire que des phénomènes d'osmose électrique conditionnés pour une part essentielle par l'état électrique de la paroi globulaire entrassent en jeu, fournissant la clé de ce comportement osmotique anormal.

(1) Présentée dans la séance du 28 avril 1912.

S'il en était ainsi, il s'attachait un intérêt d'ordre général à l'étude d'un mécanisme intervenant à côté de celui déjà connu, et auquel président des différences de pression osmotique, dans les relations d'échanges entre la cellule et son milieu; et l'espérance s'entr'ouvrait de ramener à une interprétation physique un grand nombre de phénomènes biologiques (absorption, sécrétion) qui paraissent s'y dérober, l'osmose s'y dessinant en sens inverse de ce qu'impliquent les rapports des pressions osmotiques.

Nous pouvons, comme nous l'avons montré [1], faire varier à notre gré l'état électrique de la paroi globulaire sans endommager les globules, les lois de l'électrisation de contact formulées par M. Jean Perrin nous avaient fait prévoir que les ions H^+ n'étaient pas les seuls actifs de ce point de vue; les ions positifs trivalents comme les ions métalliques des sels neutres de terres rares permettent, même à de très faibles concentrations, d'annuler la charge négative des hématies; les ions OH^- au contraire la renforcent, et les ions tétravalents négatifs paralysent l'action des ions H^+.

Nous avons choisi comme milieu de suspension des globules des solutions de saccharose de Δ déterminés différant entre elles par la présence ou l'absence d'ions capables de modifier l'état électrique de la paroi globulaire; nous avons déterminé corrélativement le signe et la densité électriques de cette paroi et le volume et la surface globulaires.

Les variations de l'état électrique de la paroi, quant à son signe et la densité de sa charge, nous étaient révélées par l'étude du déplacement de l'hématie dans un champ de valeur et d'orientation définies.

Dans une solution de saccharose d'un $\Delta = -0°,60$, la mobilité des hématies (c'est-à-dire leur vitesse de déplacement vers l'anode dans un champ de 1 volt-centimètre) est de 4^{μ} à la seconde.

Le volume des globules contenus dans $0^{cm^3},05$ de sang de Mammifères dilués dans 2^{cm^3} de solution de saccharose fut trouvé par la méthode de l'hématocrite de $0^{mm^3},021$; le diamètre globulaire de 5^{μ}. Dans une solution de saccharose acidifiée par un acide organique quelconque portant son Δ à $-0°,64$ la charge des globules s'inverse; leur volume passe à $0^{mm^3},031$; le diamètre d'un certain nombre de globules atteint 10^{μ}; pour d'autres, l'accroissement du diamètre est moindre; pour un nombre notable il n'est pas sensible. Un acide quelconque agirait de même; parmi ces acides un intérêt

---

(1) *Comptes rendus*, 22 juillet 1912. Une erreur typographique nous y a fait dire que nous utilisions des champs de 0,7 volt par centimètre; c'est 57 volts par centimètre qu'il faut lire. Dans un tel champ, nous avons enregistré une mobilité plus grande des globules dans les solutions de saccharose que dans les solutions de NaCl. Nous avons reconnu depuis que c'est une erreur due aux phénomènes d'électrolyse dont nous ne nous préservions pas suffisamment. La mobilité est plus grande dans NaCl.

physiologique particulier s'attache au CO^2; sa concentration dans le plasma veineux ou asphyxique entraîne un gonflement très notable des hématies.

La présence dans une solution de saccharose acidifiée d'ions $FeCy^{----}$ qui entravent, conformément aux lois de l'électrisation de contact, l'action des ions H^+ sur la charge de la paroi de l'hématie enraye corrélativement les effets osmotiques liés à la variation de la densité ou du signe de cette charge. Dans une solution de saccharose de $\Delta = -0°,64$ contenant en outre des ions H^+, des ions $FeCy^{----}$, les globules ne se gonflent pas, leur diamètre reste ce qu'il est dans une solution neutre de saccharose de $\Delta = -0°,64$ et l'agglutination déjà marquée dans la solution acide est nulle.

Les différents sels hydrolysables dont les solutions sont acides se comportent absolument comme les acides; c'est l'ion H^+ qui est actif.

Dans une solution de saccharose additionnée d'une trace d'un sel de cérium ou de lanthane et dont le $\Delta = -0°,68$, la charge de la paroi globulaire s'annule et le volume des hématies contenues dans $0^{cm^3},05$ de sang passe à $0^{mm^3},029$ et $0^{mm^3},031$ (au lieu de $0^{mm^3},021$ dans une solution neutre de saccharose de $\Delta = -0°,60$). La présence de très petites quantités d'ions OH^- dans une solution de saccharose contenant un sel de cérium ou de lanthane enraye en même temps l'action de ce sel sur la charge électrique de la paroi et son effet osmotique.

Au lieu de solutions de saccharose nous avons aussi utilisé des solutions de NaCl à 9 pour 1000. Mais dans une telle solution à l'action sur la paroi globulaire des ions H^+ et des ions positifs trivalents des terres rares, s'ajoute celle des ions du NaCl. En fait, la présence d'ions H dans de telles solutions de NaCl ou d'ions positifs trivalents provoque bien le même comportement osmotique anormal des globules; mais la concentration en ions H^+ qui suffirait, dans une solution de saccharose, à inverser le signe électrique des globules en abaisse tout au plus dans une solution de NaCl la densité électrique. Il est probable qu'il se passe alors quelque chose d'analogue à ce qu'observa M. Jean Perrin sur des parois de chlorure de chrome ou de gélatine : une sorte de mordançage d'ions; les ions H^+ se fixeraient bien sur la paroi des globules la déchargeant ou inversant son signe et provoquant ainsi un gonflement osmotique anormal, mais les ions Cl^- de la solution constitueraient autour des globules une gaine électrique négative.

Conclusions. — Dans des solutions de saccharose hypertoniques à leur milieu habituel, les cellules accroissent notablement leur pression osmotique intérieure et leur volume chaque fois que figurent dans ces solutions des ions capables d'abaisser la densité de la charge de leurs parois normalement négative ou d'en inverser le signe. Inversement, si l'on ramène par l'action d'ions appropriés la charge électrique à sa valeur primitive, le gonflement osmotique rétrograde aussitôt. Ces faits décèlent à travers la paroi globulaire l'existence de phénomènes d'osmose électrique conditionnés comme nous l'avons démontré [1] par deux facteurs. Le champ correspon-

---

[1] *Comptes rendus*, juillet 1910 et août 1911.

dant à la différence de potentiel dont le septum (ici la membrane cellulaire) est le siège d'une face à l'autre et le signe électrique des veines liquides contenues dans les espaces capillaires; le sens du glissement de la veine étant déterminé, pour un signe donné de celle-ci, par l'orientation du champ actif indépendamment de la pression osmotique des milieux.

Notons que par osmose électrique ce n'est pas seulement de l'eau qui pénètre dans l'intérieur du globule, mais toutes les molécules que la veine liquide contiendra, à moins que la paroi ne les arrête au passage.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Action des oxydants en général et des persulfates alcalins en particulier sur la toxine tétanique.* Note de MM. **Auguste Lumière** et **Jean Chevrotier**, présentée par M. Roux.

Dans une Note relative aux rapports entre l'anaphylaxie et l'immunité, présentée à l'Académie le 21 avril 1913, M. Marcel Belin étudie l'action des oxydants sur les toxines *in vivo*. Cette méthode, de l'avis de l'auteur, n'aurait jusqu'ici fait l'objet que d'observations isolées et donné lieu qu'à des applications fortuites, le plus souvent mal interprétées.

En réalité, ce point de physiologie et de clinique a été beaucoup plus complètement étudié que ne l'indique M. Belin.

Déjà en 1901, M. Sieber [1] avait constaté l'effet neutralisant *in vivo* du peroxyde de calcium et des oxydases animales et végétales naturelles vis-à-vis des toxines tétanique, diphtérique, ainsi que de l'intoxication par l'abrine.

Nous avons nous-mêmes communiqué à l'Académie [2] un Mémoire concernant l'influence des oxydases artificielles sur la toxine tétanique et montré que ces préparations assuraient une survie constante de 4 à 6 jours chez le cobaye recevant des doses de toxine suffisantes pour tuer cet animal en un temps variant de 48 à 72 heures.

Enfin, nous avons poursuivi pendant plusieurs années l'étude expérimentale de l'action des oxydants sur les toxines et principalement sur la toxine tétanique.

Les oxydants auxquels nous nous sommes adressés sont les suivants : perborates, percarbonates, permolybdates, persulfates, periodates, perchlorates, chlorates, iodates, nitrites et nitrates, ferricyanures, hypochlo-

(1) *Hoppe Seyler's Zeitschrift für physiologische Chemie*, t. XXXII, juillet 1901, p. 573.

(2) *Comptes rendus*, 7 mars 1904.

rites, chlorure de chaux, vanadates, sels cériques, peroxydes organiques, chloranile, nitrobenzène, quinone, quinone sulfonique, etc.

Nous avons reconnu que, parmi ces substances, les persulfates alcalins paraissent présenter le maximum d'activité.

Les conclusions de notre expérimentation ont été publiées dans un travail du Dr Gélibert ([1]) et peuvent se résumer de la façon suivante :

Les cobayes qui reçoivent, quelques minutes après la toxine, en injection sous-cutanée et dans un autre membre, une solution de persulfate de soude pur et neutre, survivent toujours aux témoins; cette survie varie de quelques heures à plusieurs jours.

Un chien de 25^{kg} qui a reçu 20^{cm^3} d'une toxine tuant le cobaye au $\frac{1}{100}$ de centimètre cube a survécu 1 an et a guéri, alors que le témoin est mort en 10 jours.

Le persulfate de soude a une action favorable constante sur les contractures tétaniques; tandis que chez les témoins, les contractures gagnent rapidement tous les muscles, chez les sujets traités, au contraire, elles se limitent longtemps au membre qui a reçu la toxine; ce n'est que plus tard, quelques heures avant la mort, que les autres membres sont atteints.

Chez les chiens, où la maladie évolue plus lentement, cette action favorable du persulfate sur les contractures est encore plus manifeste; les animaux traités continuent à se mouvoir et à s'alimenter, alors que les témoins sont paralysés depuis longtemps.

Une chèvre apportée du dehors avec du trismus et des contractures généralisées dus à un tétanos accidentel, a pu, après deux injections de persulfate, marcher et s'alimenter. Ce n'est qu'au bout de 8 jours qu'on vit de nouveau apparaître les contractures qui entraînèrent une issue fatale.

A la suite de ces observations, plusieurs médecins de Lyon, MM. les Drs Gélibert, Feuillade, Reymond, Chamba, Calignon de Saint-Fons ont utilisé les solutions de persulfate de soude pur et neutre pour traiter des cas de tétanos confirmé.

Ils ont pu vérifier de la sorte l'action bienfaisante des persulfates sur les accès spasmodiques si douloureux provoqués chez les tétaniques par les moindres excitations externes, et tous les malades soumis au traitement ont, en général, été guéris, quand on n'a pas eu affaire à des formes avec

---

([1]) *De l'action du persulfate de soude sur les contractures dans le tétanos* (*Lyon-Médical*, 15 mars 1901).

hyperthermie exceptionnelle, durée d'incubation très courte, évolution extrêmement rapide et lorsque l'application du traitement n'a pas été trop tardive ([1]).

PARASITOLOGIE. — *La transmission du Ver macaque par un Moustique.* Note de M. **Jacques Surcouf**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Les larves de *Dermatobia cyaniventris* Macquart, connues dans l'Amérique tropicale sous les noms de *Ver macaque*, *Berne* et *Torcel* suivant leur état de développement, sont des parasites sous-cutanés de l'Homme et des Mammifères; malgré la fréquence des tumeurs que ces larves occasionnent, on ignorait encore leur mode d'arrivée à l'hôte.

Vers 1900, le professeur Raphaël Blanchard avait observé la présence de paquets d'œufs de grande taille sous l'abdomen de certains Moustiques de l'Amérique centrale; en 1910, le Dr Moralès, de Costa-Rica, déclara que la *Dermatobia* pondait directement sous l'abdomen d'un Moustique et que, par phorésie, celui-ci transmettait les larves aux Vertébrés dont il suçait le sang; cette assertion expliquait le terme de Gusano de Zancudo, Ver de Moustique, donné par les Vénézuéliens au Ver macaque, mais il semblait incroyable que la *Dermatobia*, qui atteint la grosseur de la Mouche bleue (*Calliphora vomitoria*), pût pondre sur le Moustique lui-même. En 1912, le Dr Nunez Tovar, de Maturin (Vénézuela), observa des Moustiques porteurs de ces œufs et obtint, en les plaçant sur des animaux, des tumeurs furonculeuses, qui, excisées après 11 jours, contenaient chacune un Ver macaque typique dont il fit l'élevage jusqu'à la Mouche adulte ([2]); les Moustiques vecteurs appartiennent à une espèce connue : *Janthinosoma Lutzi* Théobald.

Le Dr Gonzalez Rincones, de Caracas, vient de me faire savoir que les œufs de *Dermatobia* sont pondus sur les feuilles, dans les lieux humides fréquentés par les *Janthinosoma;* le même correspondant m'a envoyé en outre des Moustiques porteurs d'œufs.

Il résulte de l'étude que nous avons faite de ces derniers qu'ils sont réu-

---

([1]) Huit cas ont été traités avec deux décès; l'un de ces décès se rapporte à un malade traité *in extremis* et mort le soir même du début des injections; l'autre décès a été la conséquence d'une broncho-pneumonie survenue en pleine convalescence chez une jeune fille qui avait été guérie de son tétanos.

([2]) Le Dr Nunez Tovar m'a envoyé tous ces matériaux d'élevage; il s'agit bien de la *Dermatobia cyaniventris*.

nis en paquets, enduits d'une substance cémentaire fortement adhérente, et lestés de façon telle que le pôle antérieur comprenant la tête de la larve, le micropyle et la zone d'éclatement soient placés en bas. La substance cémentaire se ramollit dans l'eau et redevient visqueuse. Nous croyons dès lors que les œufs, faiblement collés sur les feuilles, s'attachent aux *Janthinosoma* qui se promènent sur ces dernières; ceux qui adhèrent à l'abdomen y restent fixés; le thorax est protégé par les hanches et les cuisses allongées, et les œufs qui restent collés aux pattes ou aux ailes se détachent pendant la marche ou le vol de l'insecte.

L'œuf mûrit, s'ouvre et la larve y séjourne, saillante à l'extérieur, jusqu'à ce qu'elle se laisse tomber sur le Vertébré piqué par le *Janthinosoma.*

Nous figurons ici (*fig.* 1) un de ces Moustiques; les œufs très allongés, agglomérés

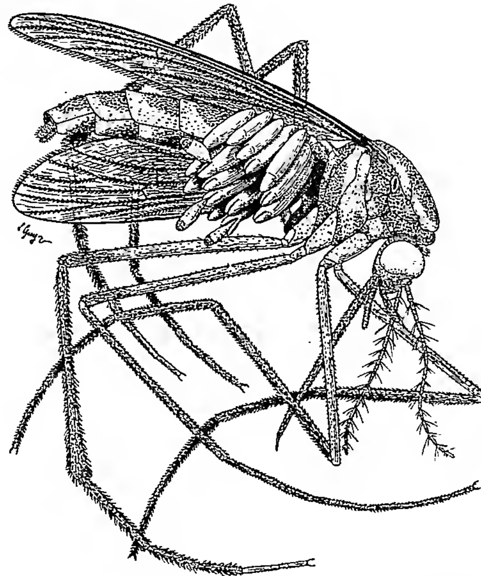


Fig. 1. — *Janthinosoma Lutzi* ♀ porteur d'œufs de *Dermatobia cyaniventris* Macquart (× 8).

en un faisceau serré, sont d'un jaune très pâle; près du micropyle on distingue un petit volet, unciforme, qui donne issue à la jeune larve. Celle-ci porte, à sa partie inférieure, sur les deux derniers segments, de courtes épines pâles, dirigées vers la tête; c'est au moyen de ces épines que la larve se maintient, saillante au dehors, en attendant le moment propice pour abandonner le Moustique qui la porte et se fixer sur son nouvel hôte.

A ce premier stade de développement, la larve (*fig.* 2), formée de 12 segments, porte des antennes pourvues chacune de deux points ocelliformes à leur base. Les

pièces buccales sont constituées par deux lames chitineuses élargies, multifides sur les bords latéraux, et appuyées à une autre lame armée de deux paires de crochets; les plus externes sont bifides, les seconds sont simples et s'articulent avec le pharynx. Cet organe, fortement chitinisé, se prolonge jusqu'au quatrième segment et n'est continué à ce stade de développement par aucun appareil digestif différencié. Le tégument externe de la jeune larve est recouvert de nombreuses petites épines sur les sept premiers segments; les cinquième, sixième et septième segments portent, à leur bord antérieur,

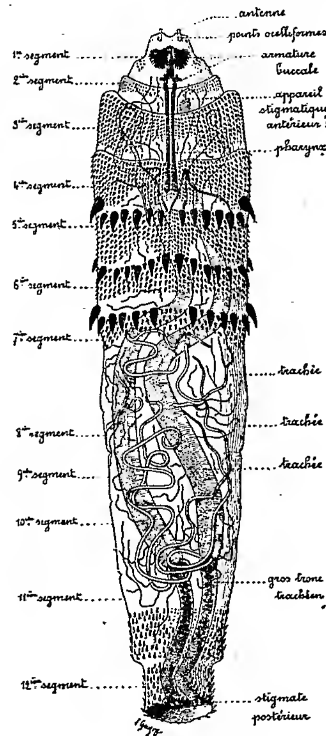


Fig. 2. — Larve de *Dermatobia* éclose d'un œuf porté par *Janthinosoma Lutzi* Théobald (× 100).

une couronne de grosses épines noires en forme d'aiguillons de rosier. Sur le dernier segment s'ouvrent les deux stigmates postérieurs, chacun d'eux se compose de deux fentes; il n'y a pas encore de stigmates antérieurs. Dès que la larve s'est fixée sur le corps du Vertébré, elle pénètre sous la peau et s'y transforme; à la suite de cette mue, les épines postérieures qui maintenaient la larve dans la coque de l'œuf disparaissent, et les fentes stigmatiques postérieures sont au nombre de trois pour chacun des deux stigmates.

L'évolution de la *Dermatobia* est ensuite connue. Remarquons cependant qu'entre les larves appartenant déjà à la Collection du Muséum et celles récemment envoyées du Vénézuela, il y a d'importantes différences dans la spinulation; ceci nous porte à croire à l'existence de plusieurs espèces voisines qui ont été confondues; seuls des élevages complets éclairciront le problème.

CHIMIE PATHOLOGIQUE. — *Sur la rétention des chlorures dans le foie et le sang chez les cancéreux.* Note de M. **Albert Robin**, présentée par M. Armand Gautier.

1. Il n'y a pas de rétention des chlorures dans le foie d'un cancéreux à marche lente, mais cette rétention a lieu chez un cancéreux à marche rapide.

Chlorures évalués en NaCl *dans le foie cancéreux* (pour 100 de tissu frais) :

Foie cancéreux :	marche lente.	Parties	très atteintes........	0^{g},112
»	»	»	relativement saines...	0,058
»	marche rapide.	»	très atteintes........	0,175
»	»	»	relativement saines...	0,186
Foie normal :	»	»	» ...	0,142

2. Cette rétention reconnaît probablement comme l'une de ses conditions l'hydratation plus grande du tissu cancéreux à marche rapide (820^{g} d'eau pour 1000 de tissu frais, contre 793^{g},20 dans le cancer du foie à marche lente). Mais elle peut entrer aussi en ligne de compte pour expliquer le taux si bas auquel tombent parfois les chlorures urinaires chez les cancéreux à marche rapide qui ne s'alimentent plus (0^{g},30 de chlorures urinaires par 24 heures, dans le cas de cancer hépatique à marche rapide).

3. Il paraît démontré que dans les cancers du tube digestif (intestin et estomac), il y a tendance à une rétention chlorurée dans le sang, rétention qui s'exprime surtout par l'élévation des rapports du chlore à l'azote total et au résidu inorganique du sang.

Chlorures et leurs rapports dans le sang des cancéreux :

Désignation des cancers.	Chlorures en NaCl.	Azote total.	Cl : AzT pour 100.	Cl : Résidu inorganique pour 100.
F. 29 ans. Sarcome des deux fémurs.	5^{g},920	35^{g},16	10,19	30,92
F. 50 » Cancer de l'estomac......	5,832	14,66	24,10	37,80
H. 70 » » de l'intestin......	4,754	22,61	12,74	36,10
F. 56 » » »	4,304	17,66	14,90	36,00
F. 52 » » du foie..........	3,570	27,54	7,80	24,10
F. 24 » Sarcome de l'aisselle.....	4,700	44,30	6,56	32,93
Sang normal....................	4,493	35,95	7,57	31,60

4. Les mêmes caractères se rencontrent également dans les cas de gastrite chronique, ce qui leur enlève toute valeur de spécificité. Il est rationnel de les mettre en rapport avec la diminution ou avec la suppression de la sécrétion chlorhydrique de l'estomac.

Chlorures et leurs rapports dans le sang dans la gastrite chronique :

Désignation des cas.	Na Cl.	Cl : AzT pour 100.	Cl : RI pour 100.
F. 49 ans. Gastrite chronique. Anémie pernicieuse.	6g,557	28,7	45,0
F. 72 » » » grave (première analyse)	6,070	26,2	47,4
F. 72 ans. Gastrite chronique. Anémie grave (après 1 mois de traitement)	5,140	»	37,9

5. Comme l'a avancé Moraczewski, il est permis de supposer que l'anémie joue un rôle dans cette rétention chlorurée, puisqu'elle est encore plus marquée dans les cas de gastrite chronique s'accompagnant d'anémie à type pernicieux ou d'anémie grave.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Le ferment de l'amertume des vins consomme-t-il la crème de tartre ?* Note de M. **E. Voisenet**, présentée par M. Armand Gautier.

Dans une récente Communication [1], j'ai annoncé que le *Bacillus amaracrylus*, retiré d'un vin amer, ensemencé dans d'autres vins, peut reproduire avec certains d'entre eux, la maladie de l'amertume.

Le *Bacillus* consomme-t-il la crème de tartre ?

Cette question se pose naturellement à la suite des résultats contradictoires observés à ce sujet par Pasteur [2], Glenard et Vergnette-Lamothe.

Comme Pasteur et Glenard, j'ai eu l'occasion de doser l'acide tartrique dans un vin *très amer* et dans le même vin *non altéré :* parallèlement j'ai évalué la glycérine :

Analyse. — Juillet 1912.	Acide tartrique total.	Glycérine.
Vin sain. Récolte 1893	1g,26	7g,65
Vin amer. Début de la maladie : 1902	1g,14	3g,92

(1) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1181.

(2) Pasteur, *Études sur le vin*, 2e édition, p. 272, 276, 321.

Quelle peut être la cause de la différence, voisine du dixième de la quantité initiale totale, entre ces deux teneurs en acide tartrique? A ce sujet, on peut émettre plusieurs hypothèses. Elle peut provenir de la modification chimique du vin malade entraînant la précipitation et l'insolubilisation d'une quantité correspondante d'acide tartrique. Ce déficit peut être dû au changement de travail du ferment qui, après avoir épuisé son action sur les sucres et la glycérine, s'attaquerait à l'acide tartrique : mais, il est aussi vraisemblable de l'attribuer à l'action latérale d'un autre microbe, consommateur de crème de tartre, comme celui qui engendre *la tourne*.

Quoi qu'il en soit, cet essai offre un résultat intéressant, en ce qu'il montre qu'un vin très gravement atteint, et depuis 10 années, de la maladie de l'amertume, ne renfermant plus de sucre et ayant perdu la moitié de sa glycérine, conserve la presque totalité de son acide tartrique : résultat sensiblement d'accord avec celui de Pasteur, et en opposition nette avec celui de Glenard.

Des évaluations analogues effectuées sur les échantillons de vins précités, ensemencés depuis 15 mois avec le *Bacillus amaracrylus*, favorables à la culture du ferment, plus ou moins altérés par lui, et les échantillons témoins restés sains, n'ont accusé aucun changement dans la teneur initiale en acide tartrique total.

Relativement à la question posée, aucun de ces résultats ne peut d'ailleurs être absolument concluant, en raison de la multiplicité des ferments dans le vin, de la variété des substances fermentescibles qu'il contient.

Même en admettant l'unicité microbienne, en l'espèce, du bacille précédent, la conservation de l'acide tartrique dans un vin amer, ne constitue pas une preuve de l'inactivité du ferment à l'égard de cette substance. Dans un tel milieu, en effet, le bacille consomme déjà ses aliments de prédilection, les sucres et la glycérine : s'il devait transformer l'acide tartrique ou son sel acide de potassium, ces deux substances ne pourraient être pour lui que des aliments de disette, attendu d'autre part, qu'elles agissent comme antiseptiques et que des doses respectives de $1^g,10$ de l'un et de $3^g,50$ de l'autre, par litre de culture, suffisent à arrêter son développement. De plus, en végétant dans un tel liquide, le ferment se crée un milieu de moins en moins nutritif et de plus en plus antiseptique : à l'influence paralysante primitive de l'alcool, de l'acide tartrique et du tannin, s'ajoute celle des produits de transformation des sucres et de la glycérine, notamment l'acroléine. Il est donc nécessaire d'éliminer ces influences étrangères et de recourir à l'expérimentation directe.

Pour cette étude, j'ai effectué les essais suivants, le ferment adulte a été largement ensemencé dans ces solutions :

a. Eau de levure glucosée ou maltosée, additionnée de crème de tartre à 1^g et à 2^g par litre.

b. Milieu minéral de Laurent, additionné de crème de tartre à 1^g et à 2^g par litre.

c. Milieu de Laurent, peptoné à 2 pour 1000, additionné de crème de tartre à 1^g et à 2^g par litre.

Dans les essais *a* et *c*, la culture s'est développée normalement, tandis que le liquide de l'essai *b* est demeuré limpide, malgré l'aptitude remarquable du bacille à végéter dans un milieu minéral ne renfermant d'autre azote que de l'azote ammoniacal : le ferment qui emprunte si facilement son carbone alimentaire à la glycérine et aux sucres, refuse celui qui lui est offert par la crème de tartre. Il en est d'ailleurs de même dans les essais *a* et *c*, où la culture a pu se développer grâce à la présence d'un sucre et de la peptone : en effet, après un séjour de 3 mois à la température de 25° à 30°, les dosages comparatifs de la crème de tartre dans ces liquides et leurs témoins conduisent rigoureusement au même résultat.

Je suis arrivé à des conclusions identiques, en ensemençant le ferment dans les milieux précédents, contenant à la place de la crème de tartre, de l'acide tartrique, du tartrate neutre de potasse, ou du tartrate de chaux.

En résumé, le *Bacillus amaracrylus*, isolé d'un vin amer, capable de reproduire la maladie de l'amertume dans d'autres vins, consommant les sucres et la glycérine, reste inactif, au moins dans les conditions expérimentales précédentes, à l'égard de l'acide tartrique et de ses sels, en particulier, la crème de tartre.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Pseudo-cristaux d'amidon et cristaux de glucose*. Note de M. G. **Malfitano** et Mlle **A. Moschkoff**, présentée par M. Roux.

On a souvent parlé d'amidon cristallisé. Quelques auteurs prétendent même, qu'en général, le fait qu'une matière ait les propriétés des colloïdes n'exclut pas qu'elle puisse en même temps avoir la structure cristalline. Nous avons examiné des particules solides et parfois transparentes qu'on trouve dans les systèmes amidon-eau ayant été congelés. Ce sont elles qui ressemblent le plus à des cristaux, à ceux de glucose par exemple, auxquels nous les avons comparées. Nous avons constaté que cette ressemblance ne résiste pas à un examen attentif. Et, au contraire, nous avons mis en évidence une distinction vraiment essentielle entre cet amidon solide, dont la structure est variable par degrés, étant formée de granulations de moins en

moins perceptibles et le glucose cristallisé qui n'a jamais de structure apparente.

Congelons un système amidon-eau bien pur (¹) et peu concentré (à 1 pour 100 environ), ayant été chauffé jusqu'à ce qu'il soit devenu tout à fait transparent. Après fusion de la glace, il nous apparaîtra comme un liquide parfaitement limpide contenant de fins filaments soyeux (long. de 1^{mm} à 3^{mm}; larg. de $0^{mm},01$ à $0^{mm},1$) et de petits granules brillants (diam. de $0^{mm},1$ à $0^{mm},01$). A l'œil nu on a vraiment l'impression que ce sont des fines aiguilles cristallines accompagnées de débris ou de macles; pareilles en somme à celles qui se forment dans les solutions sursaturées de glucose. Mais déjà, si l'on regarde ces particules au microscope, une différence saute aux yeux. Celles d'amidon n'ont jamais la forme de polyèdres, mais sont des bâtonnets qui portent des renflements de place en place et se terminent en massue. Parfois, elles sont en forme de billes dont la surface est bien lisse, mais la courbure irrégulière. Par contre, parmi les particules de glucose, on rencontre souvent des prismes parfaits, d'autres plus ou moins détériorés; mais on ne saurait en dessiner toutes les formes, même les plus irrégulières, que par des droites brisées, jamais par des lignes courbes.

Supposera-t-on que les particules d'amidon soient des cristaux mous, peut-être auparavant liquides, dont les arêtes se seraient oblitérées? La consistance de cette matière ne justifie pas pareille supposition. Il est vrai que les filaments s'infléchissent en se mouvant dans le liquide, mais ils sont aussi plus longs et plus minces que les aiguilles de glucose qui sont rigides. D'ailleurs, l'amidon en granules ne se déforme pas non plus. Si nous exerçons une faible pression sur la lame couvre-objet de la préparation microscopique, nous écraserons les cristaux de glucose aussi facilement que les particules d'amidon. Dans les deux préparations ainsi maltraitées, la ressemblance entre les deux matières devient souvent frappante. Or, nous verrons une différence nouvelle se manifester si nous les regardons entre deux nicols croisés. Le passage de la lumière est rétabli par les particules de glucose et non par les particules d'amidon. On sait que les grains naturels d'amidon, dans ces conditions, sont illuminés et coupés par une croix sombre. Ils doivent vraisemblablement cette propriété à leur structure en couches. C'est dire que la biréfringence n'est pas un caractère suffisant pour attribuer un réseau cristallin aux corps qui la manifestent. D'autre part, tous les cristaux connus, sauf ceux du premier système, sont biréfringents. Dès lors, si les particules d'amidon étaient des cristaux, ils devraient appartenir au premier système, ce qui semble improbable.

Ces particules d'amidon n'ont donc aucun des caractères des cristaux. Elles n'ont jamais ni de formes polyédriques, ni de biréfringence. Ce sont plutôt des particules d'une gelée durcie et transparente comme verre. Mais von Weimarn (²) pense qu'il peut exister des systèmes cristallins

(¹) *Comptes rendus*, t. 151, p. 817.

(²) *Zeitschrift f. Kolloïdes*, passim.

jusqu'ici non classés, et que les gelées les plus homogènes peuvent être des assemblages de cristaux ultramicroscopiques. Il importe donc d'examiner soigneusement la structure de ces particules comparativement avec celle des cristaux.

Le fait est remarquable que les particules d'amidon puissent être aussi transparentes que les cristaux de glucose. Au microscope, tous ces petits objets ne sont visibles que grâce à la différence de leur indice de réfraction avec celui des liquides; à l'ultramicroscope, on les distingue grâce à la lumière diffractée par leurs profils ou réfléchie par leurs surfaces. Et lorsque les particules de glucose, aussi bien que celles d'amidon, ont des formes assez étendues et régulières, lorsqu'elles se trouvent convenablement placées pour recevoir la lumière, les préparations ultramicroscopiques offrent vraiment l'aspect de tableaux noirs où des figures géométriques seraient dessinées par des traits éclatants de lumière. Et ces lignes, courbes et sinueuses pour l'amidon, droites et se rencontrant en angles définis pour le glucose, délimitent des espaces qui, dans un cas et dans l'autre, sont sombres, autant que le fond de la préparation. Ces particules d'amidon n'ont donc, pas plus que les cristaux du glucose, de structure perceptible.

Mais il n'en est pas toujours ainsi. On rencontre aussi des particules d'amidon et de glucose, qui apparaissent comme des taches de lumière diffuse. Quant aux particules de glucose, ce fait ne dénote aucunement qu'elles aient une structure perceptible. En effet, c'est par places et jamais uniformément que les particules de glucose diffusent la lumière. Aux plus forts grossissements les taches lumineuses ne se résolvent jamais en granules; on n'a pas de peine à se convaincre qu'elles sont dues à des aspérités de surface et que la matière est parfaitement transparente. Au contraire, on est bien en présence d'une structure plus ou moins évidente lorsqu'il s'agit des particules d'amidon qui diffusent la lumière. Car ce sont alors des aspects rappelant la nacre, ou la neige, ou des matières fibreuses. Ces particules sont alors des assemblages de granules de dimensions variées. Parfois ces granules sont individuellement perceptibles, parfois ils sont si menus qu'ils demeurent invisibles, et des degrés intermédiaires existent entre les plus gros et ceux qui sont à la limite de la visibilité; en sorte que nous devons admettre, même pour les particules tout à fait transparentes, une structure granuleuse, qui échappe à la vue tant elle est fine. Il y a plus. Si nous examinons les diverses particules formées par congélation dans des systèmes plus ou moins purifiés, ayant été différemment chauffés, et à des concentrations variées, nous constaterons que c'est par étapes successives, en partant des particules grossièrement hétérogènes, que nous atteindrons celles parfaitement homogènes, à mesure que nous aurons mieux purifié et mieux subdivisé l'amidon avant de le congeler.

C'est la graduation des variations de structure qui constitue la distinction essentielle entre ces particules d'amidon et les cristaux. Nous montrerons prochainement que les divers granules qui constituent ces particules et, en général, l'amidon en toutes ses formes, ne doivent pas être assimilés aux microcristaux, car ils sont de véritables micelles, se formant par voie de

floculation et se désagrégeant par voie de défloculation; processus essentiellement distincts de ceux de cristallisation et de dissolution ([1]).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Contribution à l'étude des conditions de précipitation de l'albumine par l'acide picrique.* Note ([2]) de MM. **H. Labbé** et **R. Maguin**, présentée par M. Dastre.

Le dosage précis de l'albumine dans ses divers milieux (blanc d'œuf, sérums, humeurs, etc.) est malaisé.

La méthode pondérale est longue et délicate. Les méthodes volumétriques sont d'application plus rapide. Mais les précipitants des albumines mettent généralement en jeu des phénomènes d'adsorption, plutôt qu'ils ne donnent lieu à des combinaisons définies. Tout au plus, au sens de Werner, pourrait-on envisager ces composés particuliers comme des complexes très aisément dissociables. La loi des combinaisons définies ne peut s'appliquer à de semblables associations. Les rapports entre quantités de précipitants et d'albumine mis en jeu ne sont représentables que par une courbe plus ou moins compliquée. Dans cet ordre d'idées, Denigès a proposé la précipitation de l'albumine par l'iodomercurate de potassium, et Vallery a assimilé la courbe de précipitation par ce réactif à une branche d'hyperbole équilatère. En pratique, l'emploi de l'iodomercurate mène à un procédé de dosage assez délicat. Dans des conditions convenables (Vallery), le réactif d'Esbach paraît susceptible de précipiter intégralement l'albumine.

Après avoir vérifié ce fait sur l'ovalbumine, nous avons étudié les conditions de précipitation de cette protéine (ovalbumine commerciale dite *pure*), afin de déterminer la nature des combinaisons contractées par l'albumine et l'acide picrique, et de chercher à réaliser, à partir de ces données, un procédé d'estimation volumétrique simple.

Pour obtenir une précipitation intégrale de l'ovalbumine par le réactif citro-picrique, en solution aqueuse, l'excès d'acide picrique doit toujours être assez grand. Si cette condition est réalisée, le filtrat limpide n'est plus albumineux. En partant d'une quantité d'acide picrique déterminée, la quantité d'acide restée dans le filtrat donne, par différence, la quantité d'acide fixée. Pour des poids croissants d'albumine, en présence d'une quantité fixe d'acide, on obtient une série de chiffres qui viennent se placer, non sur une droite, mais sur une courbe.

([1]) *Annales de Chimie et de Physique*, 8e série, t. XXIV, p. 502; t. XXV, p. 159.

([2]) Présentée dans la séance du 28 avril 1913.

Il suffit, pour caractériser cette courbe, de fixer les poids d'acide successivement précipités par le mélange d'un volume fixe d'une solution picrique à titre déterminé, avec des volumes croissants d'une solution d'ovalbumine titrée pondéralement.

Un dosage acidimétrique de la liqueur picrique et un dosage acidimétrique du filtrat donnent, pour chaque poids d'albumine, un chiffre proportionnel à la quantité d'acide picrique fixé ou adsorbé :

1° 50^{cm^3} de liqueur citro-picrique (formule Esbach) sont étendus à 100^{cm^3} avec de l'eau distillée. Soit K l'acidité en centimètres cubes de soude $\frac{1}{10}$ N (déterminée en présence de la phénolphtal. ; virage très net du jaune faible au jaune rougeâtre);

2° Des volumes croissants d'une solution d'ovalbumine à 10 pour 100 environ (par pesée) sont successivement mélangés à 50^{cm^3} de liqueur citro-picrique, et le volume est complété à 100^{cm^3}. L'acidité en centimètres cubes de NaOH $\frac{1}{10}$ N est déterminée sur 25^{cm^3} de filtrat : soit $q, q', q'', \ldots, Q$.

En général, $Q - K$ est proportionnel aux quantités d'acide picrique adsorbées ou combinées. Si l'on représente par y ces valeurs, et par x les quantités correspondantes d'albumine mises en jeu, on peut construire une courbe dont la traduction mathématique est susceptible de donner la loi du phénomène.

Pour des quantités d'ovalbumine comprises entre $0^g,80$ et $2^g,60$, les points ainsi obtenus expérimentalement vont se placer sur une branche d'hyperbole. Les valeurs de x exprimées en fonction de y, sont, en effet, représentables, à des différences près de l'ordre des erreurs d'expérience, par la formule

$$(\alpha) \qquad x = \frac{76,08}{18,24 - y} - 4.$$

C'est l'équation d'une hyperbole équilatère rapportée à des axes parallèles à ses asymptotes. Cette courbe est tout à fait analogue aux courbes dites d'*adsorption*. En tout cas, nous avons directement constaté qu'il s'agit d'un complexe *albumine-acide picrique* dissociable par lavage. A mesure que les quantités d'acide picrique enlevées à la combinaison par les lavages à l'eau bouillante appauvrissent celle-ci en acide picrique, la vitesse d'enlèvement devient plus lente, comme si l'albumine retenait plus énergiquement les dernières traces d'acide picrique. Le premier lavage à l'eau bouillante enlève près de la moitié de l'acide, et le trentième lavage n'enlève plus qu'une acidité qui répond à peine au $\frac{1}{300}$ du total acide adsorbé au début.

Pour utiliser ce dosage dans la pratique, nous avons construit une Table des valeurs de x en fonction de y qui, par $\frac{1}{20}$ de centimètre cube, donne, sans calcul, le poids d'albumine correspondant. L'opération se réduit donc à deux titrages acidimétriques par la soude décinormale en présence de phénolphtaléine.

GÉOLOGIE. — *Sur l'origine du pétrole au Wyoming (États-Unis d'Amérique).* Note de M. **Jean Chautard**, présentée par M. L. De Launay.

Les expériences entreprises pour établir l'origine minérale ou organique des pétroles n'ont pas jusqu'ici, quels que soient leur importance et leur intérêt, permis de conclure dans un sens ou dans l'autre, puisque des hydrocarbures chimiquement analogues aux pétroles ont été obtenus par des réactions minérales comme par la distillation en vase clos de matières organiques. Sur ces bases expérimentales, on peut aussi bien juger que les pétroles sont tous d'origine minérale, tous d'origine organique, ou, pour se tenir en un juste milieu, partie (pétroles de Bakou) d'origine minérale, partie (pétroles américains) d'origine organique; ceci quelles que soient les différences et analogies chimiques de ces divers types de pétrole.

M. De Launay a récemment attiré l'attention sur l'intérêt qu'il y aurait, pour résoudre ce problème, d'ajouter aux expériences de laboratoire des études géologiques détaillées des champs pétrolifères et des terrains avoisinants.

J'ai eu l'occasion, en 1912, d'étudier un certain nombre de régions pétrolifères du Wyoming (U. S. A.). Je me suis efforcé d'y reconnaître l'allure, l'âge et le facies non seulement des couches perméables imprégnées de pétrole et des couches imperméables à leur contact, mais encore de toute la série sédimentaire où elles se trouvent. Mes observations ont été faites sur des terrains du Crétacé supérieur non fracturés, formant des séries parfaitement concordantes où l'on peut établir que le pétrole imprégnant n'est pas d'origine adventive, mais bien localisé au contact des sédiments où il a été originairement formé ou apporté.

Les localités étudiées sont, à partir du versant est des Montagnes Rocheuses jusqu'à 400^{km} à l'Est : Lander, Salt Creek, Douglas, Moorcroft et Newcastle. On observe une lagune du Crétacé inférieur reposant sur du Jurassique; le Crétacé supérieur commence par les grès continentaux de Dakota; au-dessus se trouvent des argiles schisteuses (shales) puissantes de 1000^{m} à 3000^{m} avec fréquents lits de charbon et

nombreuses intercalations de lentilles et bancs de grès dont un ou plusieurs peuvent être imprégnés de pétrole; cette importante masse de « shales » a été divisée en deux séries, la série du Colorado à la base, la série du Montana au sommet.

En examinant dans chaque localité la succession des terrains crétacés supérieurs à partir du Dakota, j'ai constaté :

A Newcastle, 20^{m} grès de Dakota; 3^{m} argiles ligniteuses; 3^{m} *grès imprégné d'huile*: 50^{m} shales à lentilles de limonite et nombreux lits de dents de poissons; 2000^{m} shales à faune marine avec intercalations de grès;

A Douglas, 2^{m} grès de Dakota; 10^{m} argiles magnésiennes; 10^{m} shales à dents de poissons et à lignites; 2^{m} *grès imprégné d'huile*; 5^{m} marne à *belemnitelles*; 2^{m} shales à faune marine avec intercalations de grès;

A Moorcroft, 10^{m} conglomérat de Dakota; 0^{m},50 argile blanche; 3^{m} *grès de Dakota imprégné d'huile*; 30^{m} argiles gypseuses à petits lits de sable; 15^{m} *grès imprégné d'huile*; 60^{m} shales avec lignite et soufre; 15^{m} *grès imprégné d'huile*; 100^{m} shales avec lignite par places et très nombreuses empreintes d'écailles de poissons; 3000^{m} shales à faune marine avec intercalations de grès;

A Lander, 10^{m} grès de Dakota; 20^{m} argiles; 100^{m} shales à empreintes d'écailles de poissons alternant avec *petits lits de grès imprégnés d'huile* (Mowry member); 1000^{m} shales à faune marine;

A Salt Creek, le Dakota et la série du Colorado n'affleurent pas; les premiers affleurements appartiennent à la série de Montana; ce sont de bas en haut: 100^{m} shales à lits de dents de poissons; 30^{m} *grès de Shannon imprégné d'huile*; 100^{m} shales sans fossiles; 10^{m} grès; 600^{m} shales à faune marine avec intercalations de grès; les forages faits au dôme de Salt Creek ont traversé 300^{m} à 400^{m} de shales à gypse, soufre et débris végétaux, avec poche d'huile et de gaz, puis 30^{m} de *grès avec huile sous pression*; ce dernier grès est assimilé par les auteurs américains au grès de Wall Creek affleurant à 25^{km} de Salt Creek, dans la série suivante : *grès de Dakota imprégné d'huile*; 100^{m} shales à dents de poissons; 200^{m} shales à faune marine; 25^{m} grès de Wall Creek à faune marine; 600^{m} shales à faune marine; 20^{m} grès (Shannon fusion); 700^{m} shales à faune marine.

A l'examen de ces renseignements on voit :

1° Que les niveaux imprégnés de pétrole des localités considérées s'échelonnent de la base au sommet du Crétacé supérieur sans qu'il soit possible d'établir entre eux un synchronisme de dépôt;

2° Que les niveaux de grès imprégnés d'huile sont en contact avec les shales à *facies lagunaire*;

3° Que, parmi les niveaux de grès en contact avec les seules formations à facies franchement marin, il n'y en a pas qui soit imprégné d'huile.

Nous sommes donc en droit de considérer qu'ici *les argiles à facies lagunaire sont les roches mères du pétrole*; ce pétrole serait d'*origine organique*. L'abondance des traces et débris de poissons permet de conclure à l'intervention d'*organismes animaux* dans la formation de ce pétrole, aucun fait

d'observation ne permettant d'ailleurs d'exclure la possibilité d'intervention d'organismes végétaux.

C'est au début de la transgression du Crétacé supérieur que se sont formées, à l'est des Montagnes Rocheuses, sur les grès de Dakota, les lagunes où l'on trouve les roches mères du pétrole recouvertes par de puissants dépôts marins; ces lagunes sont distribuées suivant le relief du continent ancien; la transgression se continuant, de nouvelles lagunes se sont échelonnées sur les nouvelles bordures continentales.

La puissance des dépôts crétacés et tertiaires permet de penser que les animaux putréfiés accumulés au fond des lagunes, à l'abri de l'air parmi les vases, ont pu être portés en profondeur à une température assez élevée pour que leur distillation donne naissance au pétrole actuellement concentré dans les roches perméables au contact des roches mères.

La généralisation d'observations de l'ordre de celles consignées ci-dessus pourrait éclairer à la fois le problème de l'origine du pétrole et celui, non moins complexe, de la recherche de ses gisements.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Orages magnétiques et phénomènes d'hystérésis.* Note de M. J. **Bosler**, présentée par M. H. Deslandres.

Nous avons déjà montré, au cours de travaux antérieurs ([1]), comment l'installation très favorable de l'Observatoire du Parc Saint-Maur rendait presque évidente la relation des orages magnétiques avec les courants telluriques. Tout se passe comme si ces derniers constituaient le phénomène primitif et, agissant sur l'aiguille aimantée conformément à la loi d'Ampère, étaient la cause directe des perturbations magnétiques.

Mais les circuits telluriques embrassent de vastes régions : on le voit aisément lorsqu'on examine, à un même instant, les perturbations observées en des lieux différents, ce qui permet de tracer approximativement les lignes de courant. Il est donc vraisemblable, *a priori*, que la matière interne du globe joue, par ses propriétés magnétiques, un rôle dans les variations du champ terrestre.

Précisons. Soit à la surface de la Terre un courant tellurique C que, pour simplifier, nous supposerons circulaire. S'il existe au-dessous une couche magnétique G d'épaisseur quelconque, les tubes d'induction affecteront

([1]) *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 342; et *Thèse*, Paris, Gauthier-Villars, 1912.

A une allure analogue à celle de la figure 1 ([1]). Le flux d'induction se conservant le long d'un même tube, ses variations numériques à l'intérieur se feront sentir à l'extérieur en A, où les mots *induction* et *force* deviennent synonymes : les magnétomètres nous donneront ainsi une image plus ou moins fidèle de la perméabilité du globe ([2]). On doit alors s'attendre à

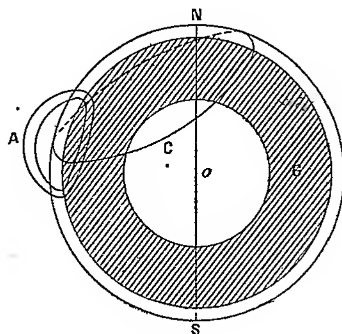


Fig. 1.

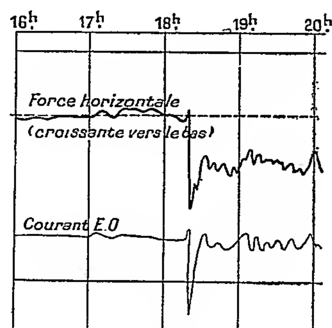


Fig. 2.

observer, sur les courbes magnétiques publiées, des phénomènes d'*hystérésis*. Il semble, croyons-nous, qu'il en est bien ainsi.

1° Au début des orages magnétiques d'origine cosmique — et nous ne nous occupons que de ceux-là, laissant de côté les troubles locaux — le courant tellurique Est-Ouest ([3]) subit très généralement un accroissement brusque, après lequel il revient presque toujours près de sa valeur initiale. La force magnétique horizontale éprouve au même moment une brusque augmentation; mais, tout en continuant à suivre dans ses soubresauts le courant tellurique, elle ne reprend jamais de suite sa valeur moyenne primitive, il s'en faut souvent de plusieurs heures. Cette dépression de l'ordre de 5.10^{-4} C. G. S., s'observe à Greenwich et à Potsdam comme à Saint-Maur; elle n'étonne plus les spécialistes et sa généralité même en souligne l'intérêt. Or, il est facile de reconnaître là le phénomène le plus simple de l'hystérésis : quand le champ magnétisant croît, l'induction croît aussi, mais elle ne reprend plus sa valeur initiale lorsque le champ a repris la sienne; un *magnétisme rémanent* apparaît alors

---

([1]) Le problème peut se traiter rigoureusement. Maxwell le résout pour une couche sphérique perméable et un champ extérieur quelconque supposé développé en série d'harmoniques sphériques (*Traité d'électricité et de magnétisme*, t. II, p. 63). Comme le champ d'un courant circulaire se met aisément sous cette forme, la solution du cas qui nous occupe s'en déduit aussitôt.

([2]) Tout au moins des matériaux traversés par les tubes d'induction voisins de A.

([3]) Ce qui suit se vérifie également pour le courant Nord-Sud et la déclinaison, à cela près que les déclinomètres sont le plus souvent moins précis que les bifilaires mesurant la force horizontale.

et subsiste tant qu'une action démagnétisante (chocs, élévation de température, renversements successifs du courant, etc.) n'est pas intervenue.

2° A la fin d'un orage de quelque importance, le champ moyen du globe éprouve presque toujours un affaiblissement sensible de même ordre que tout à l'heure. Comme précédemment, il s'agit encore là d'un fait très général. Il est difficile de ne pas le rapprocher de l'action démagnétisante que produit à la longue, sur un corps aimanté, un champ alternativement croissant et décroissant. Ceci n'a lieu, à la vérité, que lorsque la valeur absolue du champ alternatif va elle-même en diminuant (¹) et lorsque ses oscillations sont suffisamment lentes, de l'ordre de quelques minutes par exemple (²). Mais ces conditions sont précisément remplies à la fin d'un orage magnétique, quand le courant tellurique, après maintes fluctuations, reprend peu à peu sa valeur moyenne très faible du temps normal.

Les expériences de Lord Rayleigh ont, il est vrai, donné à penser que, pour des champs inférieurs à 0,04 C.G.S., la perméabilité du fer restait constante et, par suite, ne donnait lieu qu'à des changements réversibles (³). Mais il ne s'agissait que du fer doux et nullement de corps doués de magnétisme rémanent qui, eux, ont toujours de l'hystérésis. Et les roches de l'intérieur de la terre, la magnétite, les basaltes et les argiles ferrugineuses appartiennent à cette catégorie, comme l'ont notamment montré les belles expériences où Bernard Brunhes (⁴), grâce au magnétisme résiduel de certaines laves, a pu nous renseigner sur la direction du champ terrestre à l'époque des éruptions des volcans d'Auvergne.

Ainsi donc, les caractères signalés ici des orages magnétiques permettent de relier, à de nouveaux faits d'expérience bien acquis, la théorie qui les attribue aux courants telluriques : ils ne peuvent que prêter à celle-ci un surcroît d'appui. D'autres phénomènes, dans ces dernières années, sont venus fournir à l'homme certaines notions sur l'état intérieur du globe, longtemps réputé inaccessible : l'étude du magnétisme terrestre est peut-être appelée à nous apporter là-dessus, à son tour, quelques données de plus.

(¹) C'est le procédé employé par les horlogers pour corriger les montres accidentellement aimantées.

(²) Les faibles variations du champ magnétisant donnent lieu à des effets de *traînage* ou de viscosité magnétiques [Maurain, *Le magnétisme du fer* (Collection Scientia, p. 52)] sensibles dans les premières secondes, négligeables passé 1 minute. Ceux-ci nous intéressent peu, les fluctuations des courbes magnétiques durant en général de 5 à 20 minutes; ils pourraient cependant, dans certains cas, avoir quelque influence.

(³) Le fait est d'ailleurs discuté, même pour le fer doux. Voir Grumlich et Rogowski, *Ann. der Physik*, t. XXXIV, 1911, p. 235.

(⁴) *Journal de Physique*, 4ᵉ série, t. V, 1906, p. 705.

M. **Vasilesco Karpen** adresse une Note intitulée : *Le vol à la voile.*

(Renvoi à la Commission d'Aéronautique.)

A 4 heures et demie, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Commission chargée de dresser une liste de candidats pour la place de Membre libre, vacante par le décès de M. *L. Cailletet*, présente, par l'organe de M. F. Guyon, Président de l'Académie, la liste suivante :

En première ligne.	M. **André Blondel**
En deuxième ligne.	M. **A. de Gramont**
En troisième ligne, par ordre alphabétique . . .	MM. **Georges Claude** **Maurice Leblanc** **Paul Renard** **A. Rosenstiehl**

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la séance du 19 mai prochain.

La séance est levée à 6 heures un quart.

G. D.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 13 MAI 1913.

PRÉSIDENCE DE M. F. GUYON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du Décret qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. *Gouy*, à Lyon, pour remplir l'une des places de Membre non résident créées par le Décret du 17 mars 1913.

Il est donné lecture de ce Décret.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les polynomes* $V_{m,n}$ *d'Hermite et leurs analogues rattachés aux fonctions sphériques dans l'espace à un nombre quelconque de dimensions*. Note de M. **Paul Appell**.

De nombreux géomètres, entre autres Green (*Trans. Cambridge Philos. Soc.*, 5-III, 1835, p. 395), Hill (*Ibid.*, 13-III, 1883, p. 273), Cayley (*Journal de Liouville*, 13_1, 1848, p. 275, et *Philos. Trans. London*, 165-II, 1875, p. 675), C. Neumann (*Z. Math. Phys.*, 12, 1867, p. 97), Heine (*Journal de Crelle*, t. 62, p. 110-141), Mehler (*Ibid.*, t. 66, p. 161) ont généralisé la théorie des fonctions sphériques par la considération de fonctions harmoniques dans l'espace à $n+1$ dimensions, c'est-à-dire de fonctions vérifiant l'équation

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x_1^2}+\frac{\partial^2 T}{\partial x_2^2}+\ldots+\frac{\partial^2 T}{\partial x_{n+1}^2}=0. \tag{1}$$

Mehler, en étudiant les développements en séries, suivant ces fonctions

sphériques, indique que, lorsque le nombre des variables augmente indéfiniment, la fonction à développer ne dépendant que d'un nombre déterminé de variables, ses résultats rentrent dans ceux qu'Hermite a donnés relativement aux polynomes qui naissent de la dérivation d'une exponentielle dont l'exposant est une forme quadratique (*Comptes rendus*, t. 58, 1864, p. 93 et 266).

Je me propose d'attirer l'attention sur ce fait que les polynomes $V_{m,n}$ qu'Hermite a déduits de la fonction génératrice

$$\frac{1}{1-2ax-2by+a^2+b^2}$$

puis les polynomes analogues qu'il a étudiés (*Comptes rendus*, t. 60, 1865, p. 370, 432, 461 et 512; *Annales scientifiques de l'École normale supérieure*, 1re série, t. II, 1865, p. 49, et *Œuvres*, t. II, p. 309, 313, 319) et que Didon a généralisés (*Annales de l'École normale supérieure*, t. 5, 1868, t. 6, 1869, t. 7, 1870), sont des cas particuliers de fonctions sphériques, sur des hypersphères dans des espaces à plus de trois dimensions.

Les points essentiels sont les suivants. On sait que la fonction

$$T=(x_1^2+x_2^2+\ldots+x_{n+1}^2)^{\frac{1-n}{2}} \tag{2}$$

vérifie l'équation (1). Les dérivées de cette fonction, telles que

$$\frac{(-1)^{m_1+m_2+\ldots+m_n}}{\Pi m_1 \Pi m_2 \ldots \Pi m_n}\,\frac{\partial^{m_1+m_2+\ldots+m_n}}{\partial x_1^{m_1}\,\partial x_2^{m_2}\ldots\partial x_n^{m_n}}T,$$

prises par rapport aux variables autres que x_{n+1}, sont également des fonctions vérifiant l'équation (1), et, sur l'hypersphère

$$x_1^2+x_2^2+\ldots+x_{n+1}^2=1,$$

elles deviennent, par l'élimination de x_{n+1}, des polynomes $V_{m_1,m_2,\ldots,m_n}$ en x_1, x_2, ..., x_n définis par la fonction génératrice

$$\begin{aligned}(1-2a_1x_1-2a_2x_2-\ldots-2a_nx_n+a_1^2+a_2^2+\ldots+a_n^2)^{\frac{1-n}{2}}\\ =\Sigma a_1^{m_1}a_2^{m_2}\ldots a_n^{m_n}V_{m_1,m_2,\ldots,m_n}.\end{aligned} \tag{3}$$

La formule de Green généralisée, comme il est connu, donne alors le théorème suivant : Si V et V′ sont deux de ces polynomes, *de degrés différents*, l'intégrale n-uple

$$\int_n VV'\frac{dx_1\,dx_2\ldots dx_n}{\sqrt{1-x_1^2-x_2^2-\ldots-x_n^2}}, \tag{4}$$

étendue au domaine

$$1-x_1^2-x_2^2-\ldots-x_n^2 \geqq 0,$$

est *nulle.*

Il peut se faire que certaines variables manquent dans V et V'. Si, par exemple, il manque les variables

$$x_n, \quad x_{n-1}, \quad \ldots, \quad x_{n-s+1},$$

au nombre de s, on peut d'abord intégrer par rapport à ces variables et l'on obtient, à la place de (4), une intégrale $n-s$ uple de la forme

$$(5) \qquad \int_{n-s} VV'(1-x_1^2-x_2^2-\ldots-x_{n-s}^2)^{\frac{s-1}{2}}\,dx_1\,dx_2\ldots dx_{n-s},$$

qui, étendue au domaine $1-x_1^2-x_2^2-\ldots-x_{n-s}^2 \geqq 0$, est *nulle*, quand V et V' sont de degrés *différents*.

On arrive ainsi à généraliser et à ramener à une même théorie les nombreuses formules données par Hermite, puis par Didon. On ramène en même temps à un problème connu l'étude des développements en séries, procédant suivant les polynomes V.

Pour le calcul des coefficients de ces séries, on peut également systématiser et généraliser d'autres résultats d'Hermite et de Didon, en associant aux polynomes V, ou à ces polynomes dans lesquels manquent certaines variables, d'autres polynomes U dépendant des mêmes variables et jouant, à l'égard des polynomes V, le rôle que jouent les polynomes $U_{m,n}$ d'Hermite à l'égard de ses polynomes $V_{m,n}$.

J'entrerai dans plus de détails dans un Mémoire qui sera prochainement inséré aux *Rendiconti del Circolo matematico di Palermo.*

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Le fluor dans l'organisme animal. — B. Squelette, cartilages, tendons.* Note de MM. **Armand Gautier** et **P. Clausmann.**

Dans un précédent Mémoire, nous avons fait connaître les résultats de nos recherches du fluor dans la peau et ses annexes, chez l'homme et quelques animaux ([1]). Le présent travail étudie, au même point de vue, l'os, les dents, les cartilages et les tendons.

C'est Morichini ([2]) qui, en 1901, observa le premier l'existence du fluor

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 156, p. 1347.

([2]) Cité par Berzélius, *Traité de Chimie*, édition française de 1833, t. VII, p. 472.

dans l'émail des dents et l'ivoire fossile. On mit en doute sa découverte; mais Berzélius démontra nettement la présence de cet élément singulier dans les os, en 1817. Depuis, on a souvent essayé de le caractériser et de le doser dans les diverses parties du squelette ([1]). Sur ce point, le travail le plus important est celui de M. A. Carnot *Sur les os modernes et fossiles* ([2]). Il dosait le fluor en le déplaçant de sa cendre d'os, par l'acide sulfurique en présence de silice. Il recevait dans du fluorure de potassium le fluorure de silicium formé et pesait le fluor sous forme de fluosilicate potassique.

A. — Os et dents.

En raison de leur richesse en fluor et de la composition que nous avons reconnue différente non seulement suivant leur état d'os longs, courts ou plats, et, pour le même os long, suivant qu'on s'adresse à un jeune animal ou à un animal adulte, ou qu'on analyse les diaphyses ou les épiphyses, en raison aussi des altérations morbides des os, sur lesquelles nous reviendrons ultérieurement, le dosage du fluor dans les diverses parties du squelette a été pour nous l'objet d'un travail un peu détaillé.

Les os ou parties d'os subissaient d'abord un grillage, ils étaient ensuite broyés puis incinérés au rouge à peine naissant, quelquefois en présence de 1 pour 100 de chaux vive et pure. Leurs cendres étaient traitées directement au creuset d'or ([3]). Le reste de la recherche et du dosage se faisait comme il a été dit ([4]).

Voici nos résultats. Comme dans le précédent Mémoire, le fluor est toujours exprimé en milligrammes pour 100^g de matière.

a. Os humains.

		Fluor.		
		Os frais.	Os séché à 120°.	Cendres d'os.
		mg	mg	mg
Os long (fémur). Homme de 68 ans.	Diaphyse.....	49,5	56,6	92,9
	Épiphyse ([5])..	11,87	15,1	52,4

Comme on le voit, la partie épiphysaire de l'os (soigneusement privée

([1]) Voir Frémy, *Annales de Chim. et de Phys.*, 3e série, t. XLIII, p. 47. — F. Bertz, *Jahresb. d. Thierchemie*, t. XXX, p. 457. — Jodlbauer, *Zeitsch. f. Biologie*, t. XLIV, p. 259. — Zaleski; Zdarek, déjà cités page 1348 de ce Volume.

([2]) *Annales des Mines*, 1er volume, 1893, déja cité page 1348 de ce Volume.

([3]) Voir *Comptes rendus*, t. 154, p. 1670.

([4]) *Comptes rendus*, t. 154, p. 1469 et 1670.

([5]) Epiphyse de la tête du fémur privée de tout son revêtement cartilagineux.

de tout son cartilage articulaire) est, à l'état frais, 4 fois moins riche en fluor que la diaphyse.

Os d'une enfant nouveau-née, sexe féminin. On a opéré sur la totalité des os du squelette pesant à l'état frais 180g, savoir :

Os longs	66g (1)
Os courts	72
Os plats	42
	180

	Fluor pour 100 d'os. Os frais.	Os secs.	Cendres d'os.
	mg	mg	mg
Os longs. Diaphyse	15,6	22,3	39,9
Os longs. Épiphyse	3,7	11,4	»
Os courts	14,9	30,7	59,1
Os plats	17,0	22,6	38,6

Ces dosages montrent encore la richesse beaucoup plus grande en fluor de la partie diaphysaire de l'os par rapport à l'épiphysaire qui n'est encore que très incomplètement ossifiée chez le jeune sujet.

A l'état frais, chez le jeune enfant, les os courts ou plats ont à peu près la même teneur en fluor que les diaphyses des os longs.

	Fluor. Os frais.	Os secs.	Cendres d'os.
Os de bœuf :			
	mg	mg	mg
Os long (fémur). Diaphyse	80	87,5	123
Os long (fémur). Épiphyse	»	16,2	30,6
Os plat (frontal)	»	19,0	32
Os de veau. — Veau de 2 à 3 mois :			
Os long (fémur). Diaphyse	29,3	47,0	68,0
Os long (fémur). Épiphyse	»	12,8	26,5
Os plats	13,6	18,0	34,0
Os de veau naissant :			
Os longs. Diaphyse	11,2	17,9	27,3
Os plats. »	4,5	9,8	17,5
Os de chien :			
Os plat (frontal)	»	36,9	64,0

(1) Épiphyse, 21g; Diaphyse, 45g.

Ainsi, chez l'animal arrivé à son ossification complète, la diaphyse peut contenir, considérée à l'état sec, cinq fois plus de fluor que l'épiphyse du même os, probablement parce que celle-ci reste toute la vie, en partie au moins, cartilagineuse.

Les os plats, pris à l'état sec, sont plus pauvres en fluor que les diaphyses des os longs.

Jusqu'à l'âge adulte le fluor paraît augmenter progressivement dans les os à mesure que ceux-ci se complètent, et cela aussi bien dans les diaphyses que dans les épiphyses.

Dentine ou os dentaire. — Partie constitutive principale de la dent sous-jacente à l'émail. Nous avons trouvé pour la dentine d'un chien boule terrier de 6 à 7 ans :

	État frais.	État sec.
Fluor pour 100g	56,0 mg	61,5 mg

Par sa constitution, comme par sa richesse en fluor, la dentine doit donc être rapprochée du tissu osseux diaphysaire.

Arêtes de poisson. — Le squelette entier, sauf la tête, la queue, et les nageoires, du corps d'une alose, traité par notre méthode (calcination à basse température après addition de 0,75 pour 100 de CaO pur) a donné :

	État frais.	État sec.	Cendres.
Fluor pour 100g	49,7	57,9	144,9

Les écailles de ce même poisson avaient donné :

Fluor pour 100g	48,8	59,9	143,6

c'est-à-dire presque les mêmes quantités de fluor.

Cette grande analogie nous a engagés à faire l'analyse plus complète de ces deux parties du même animal :

	Cendres.
Les écailles ont laissé pour 100g, sèches	41,7
(P^2O^5 en 100g de cendres : 46,0)	
Les arêtes ont laissé pour 100g, sèches	40,0
(P^2O^5 en 100g de cendres : 44,37)	

100g de cendres contenaient :

	Écailles.	Arêtes.
$(PO^4)^2Ca^3$	98,38	93,93
$(PO^4)^2Mg^3$	1,79	2,48
CaF^2	0,29	0,30
Carbonates	traces	traces
Sulfates	très petite quantité	nul
CaO (en excès) (¹)	nul	3,02

Il y a donc, on le voit, très grande analogie, mais non identité complète, entre la composition du squelette de ce poisson et celle de ses écailles.

D'après nos observations, l'écaille contient des sulfates que ne contient pas l'arête; elle a pour support organique deux substances dont l'une gélatinisable répond à l'osséine; l'autre, résistant à l'action prolongée de l'eau bouillante, est une chitine ou une chondroitine. La présence de cette dernière substance et de l'acide sulfurique fait de l'écaille un intermédiaire entre l'os, le cartilage et peut-être la matière épidermique.

B. — Cartilages. Tendons.

De tous les tissus examinés jusqu'ici, les os et l'émail dentaire sont les plus riches en fluor; les cartilages et les tendons sont les plus pauvres.

a. Cartilage. — *Cartilage humain* détaché de la tête du fémur d'un homme de 65 ans. Ce cartilage revêtant la tête articulaire de l'os, pesait 12g,8 à l'état frais.

	Cartilage frais.	Cartilage sec.
Fluor pour 100g	1,41	4,73
(P^2O^5 pour 100 de cartilage sec : 0,56.)		
Cartilage non encore ossifié des épiphyses d'un jeune veau à sa naissance (bien séparé du tissu osseux)	0,51	2,52
(P^2O^5 pour 100 de ce cartilage pesé à l'état sec : 1,03.)		
On remarquera la richesse extraordinaire de ce cartilage en acide phosphorique quoiqu'il ne fût pas encore ossifié.		
Trachée du mouton ... *Fluor*	0,41	»

On voit combien par sa pauvreté en fluor le cartilage s'éloigne de l'os qui, à l'état frais, contient chez l'homme comme chez le veau 56 fois plus de fluor dans sa partie diaphysaire que dans les revêtements cartilagineux de ses extrémités osseuses.

(¹) Chaux unie durant la vie soit à CO^2, soit à la matière organique de l'os.

b. TENDONS. — Nous n'avons examiné que le tendon suspenseur de la tête chez un veau de 2 à 3 mois. Cet organe est formé surtout de tissu élastique; il contenait 61,25 pour 100 d'eau.

	État frais.	État sec.
Fluor..........	0,35	0,90
P^2O^5 pour 100 de tendon	0,09	0,23

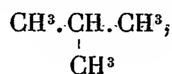
Ainsi, comme le phosphore qu'il accompagne, le fluor se trouve dans tous les organes examinés par nous jusqu'ici. Mais il y existe à des doses très différentes : dans l'émail des dents, il forme les $\frac{178}{100000}$ du poids de la matière fraîche; dans les os, les $\frac{80}{100000}$; dans l'épiderme, les cheveux, les poils, de $\frac{11}{100000}$ à $\frac{16}{100000}$; dans les cornes, les tuyaux de plumes, de $\frac{2}{100000}$ à $\frac{5}{100000}$; dans les cartilages, les tendons, de $\frac{1,5}{100000}$ à $\frac{0,3}{100000}$ du tissu frais. Le fluor se localise donc d'une façon spécifique; il accompagne surtout les phosphates alcalino-terreux et augmente avec eux.

Nous nous proposons de faire bientôt connaître nos recherches sur le fluor dans les autres organes et dans les humeurs de l'économie animale.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation de plusieurs dicyclohexylbutanes.* Note de MM. **Paul Sabatier** et **M. Murat.**

Dans de précédentes Communications, nous avons montré que la méthode d'hydrogénation directe sur le nickel peut s'appliquer avec succès à divers carbures diphényliques : diphényle, diphénylméthane, diphényléthanes, diphénylpropanes (¹). La présente Note développe la généralisation de cette méthode en l'étendant à un certain nombre de diphénylbutanes.

La théorie prévoit l'existence de neuf dicyclohexylbutanes isomères de formule commune $(C^6H^{11})^2C^4H^8$, qui étaient encore tous inconnus. Six se rattachent au *butane normal* $CH^3.CH^2.CH^2.CH^3$, savoir : 1.4; 1.3; 1.2; 1.1; 2.2 et 2.3. Trois se rattachent à l'*isobutane* ou *méthylpropane*

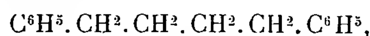


savoir : 1.3; 1.2 et 1.1.

Nous avons préparé cinq de ces composés, dont trois issus du butane, savoir : 1.4; 1.1 et 1.2, et deux issus de l'isobutane : 1.3 et 1.1.

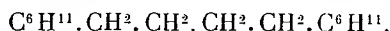
(¹) Paul Sabatier et M. Murat, *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 1390 et 1771; t. 155, 1912, p. 385.

I. *Dicyclohexylbutane*-1.4. — L'un de nous, dans un travail antérieur, a indiqué que l'hydrogénation du *phénylacétylène*, convenablement pratiquée sur le cuivre entre 190° et 250°, le transforme partiellement en *diphénylbutane* symétrique ou 1.4 :


$C^6H^5.CH^2.CH^2.CH^2.CH^2.C^6H^5$,

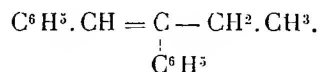
qui fond à 52° et bout à 317° (1).

Nous avons soumis cet hydrocarbure à l'hydrogénation directe à 170° en présence d'un nickel très actif : il est totalement transformé en *dicyclohexylbutane*-1.4 :


$C^6H^{11}.CH^2.CH^2.CH^2.CH^2.C^6H^{11}$,

liquide incolore, inattaqué par le mélange sulfonitrique, qui se solidifie en cristaux blancs, fondant à 9°, et qui bout à 304°-306° (corr.). Nous avons trouvé à 21°, $d_0^{21} = 0,8772$, avec $n_D = 1,475$; on en déduit, comme pouvoir réfringent, $R_D = 72,1$ (calculé 71,5).

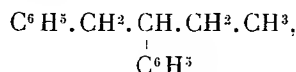
II. *Dicyclohexylbutane*-1.2. — Nous avons fait réagir le chlorure de benzylmagnésium sur l'*éthylphénylcétone* $C^6H^5.CO.CH^2.CH^3$, obtenue en catalysant à 450° sur la thorine ou sur l'oxyde de cadmium, un mélange des acides benzoïque et propionique. On arrive ainsi à l'*éthylphénylbenzylcarbinol*, que la distillation sous pression ordinaire déshydrate complètement en *diphénylbutène*


$C^6H^5.CH = C(C^6H^5) — CH^2.CH^3$.

Ce dernier est un liquide incolore qui bout à 296° (corr.). On a trouvé à 18°, $d_0^{18} = 1,0124$, avec $n_D = 1,593$.

Klages et Heilmann avaient déjà, par une voie un peu différente, atteint cet hydrocarbure (2).

Hydrogéné sur un nickel peu actif (incapable d'hydrogéner le benzène), il fournit le *diphénylbutane*-1.2

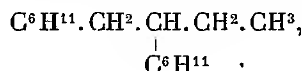

$C^6H^5.CH^2.CH(C^6H^5).CH^2.CH^3$,

(1) PAUL SABATIER et SENDERENS, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. IV, 1905, p. 370.

(2) KLAGES et HEILMANN, *Ber. chem. Ges.*, t. XXXVII, 1904, p. 1454.

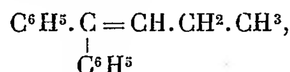
liquide incolore qui bout à 285°-287° (corr.). Nous avons trouvé, à 18°, $d_0^{18} = 1,0092$, avec $n_D = 1,587$, ce qui donne $R_D = 69,6$ (calculé 69,1).

Cet hydrocarbure soumis à l'hydrogénation au contact d'un nickel très actif, vers 170°, se change totalement en *dicyclohexylbutane*-1.2



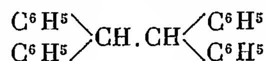
liquide incolore, inattaqué à froid par le mélange sulfonitrique. Il bout à 276°-278° (corr.). Nous avons trouvé $d_0^0 = 0,9104$ et, à 18°, $d_0^{18} = 0,9084$, avec $n_D = 1,500$; d'où $R_D = 71,9$ (calculé 71,5).

III. *Dicyclohexylbutane*-1.1. — Nous avons fait agir le bromure de phénylmagnésium sur le butyrate d'éthyle $CH^3.CH^2.CH^2.CO^2.C^2H^5$. L'alcool tertiaire qui est ainsi engendré se déshydrate par distillation, même sous 35^{mm}, et fournit le *diphénylbutène*



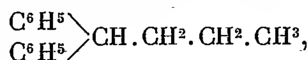
liquide incolore qui bout à 295°-297° (corr.). A 16°, on a $d_0^{16} = 1,0039$, avec $n_D = 1,595$.

Ce même hydrocarbure a été également préparé par une autre voie, en faisant réagir le chlorure de propylmagnésium sur la benzophénone, et déshydratant par distillation l'alcool produit. Mais le rendement utile est plus mauvais, parce que nous avons constaté qu'il y a en même temps formation de proportions importantes de *tétraphényléthane symétrique* :



formation secondaire intéressante sur laquelle nous reviendrons ultérieurement.

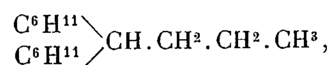
Le diphénylbutène, obtenu par l'une ou l'autre voie, a été soumis à l'hydrogénation vers 150° sur un nickel peu actif (incapable d'hydrogéner le benzène) : on obtient ainsi le *diphénylbutane*-1.1



liquide incolore qui bout à 286°-288° (corr.). Nous avons trouvé, à 16°, $d_0^{16} = 0,9748$, avec $n_D = 1,554$; d'où l'on déduit $R_D = 69,4$ (calculé 69,1).

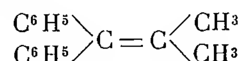
Mais si l'hydrogénation précédente est réalisée à température trop haute (250° à 300°), il y a émiettement partiel de la molécule et formation à peu près exclusive de *diphénylméthane*, qui bout à 262° et se solidifie à 27° [1].

Le diphénylbutane-1.1, hydrogéné à 170° sur un nickel très actif, se transforme intégralement en *dicyclohexylbutane*-1.1 :



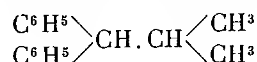
liquide incolore, inattaqué à froid par le mélange sulfonitrique. Il bout à 280°-282° (corr.). Nous avons trouvé $d_0^0 = 0,8922$ et, à 16°, $d_0^{16} = 0,8842$, avec $n_D = 1,485$, ce qui donne $R_D = 71,5$ (calculé 71,5).

IV. *Dicyclohexylméthylpropane*-1.1.2. — Nous avons fait réagir l'iodure d'isopropylmagnésium sur la benzophénone. Le *diphénylisopropylcarbinol* ainsi formé se déshydrate par distillation sous la pression ordinaire et fournit le *diphénylméthylpropène*



C'est un liquide qui bout à 293°. A 16°, nous avons trouvé $d_0^{16} = 1,0240$, avec $n_D = 1,596$. Nous avons aussi préparé ce carbure en faisant agir le bromure de phénylmagnésium sur l'*isobutyrate d'éthyle*, et déshydratant par distillation le carbinol obtenu.

Ce carbure, soumis au-dessous de 180° à l'hydrogénation sur un nickel peu actif, se transforme totalement en *diphénylméthylpropane*-1.1.2 :



liquide incolore qui bout à 285°-286° (corr.). Nous avons trouvé, à 16°, $d_0^{16} = 0,9780$, avec $n_D = 1,560$; d'où $R_D = 69,3$ (calculé 69,1).

Si l'on réalise vers 250° à 300° l'hydrogénation du diphénylméthylpropène, on a dislocation de la molécule, et l'on obtient à peu près exclusivement du *diphénylméthane*.

---

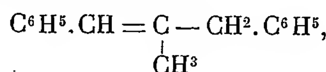
(1) C'est ce dernier carbure qui a été sans doute préparé par Klages et Heilmann (*loco citato*) dans l'hydrogénation par l'acide iodhydrique du diphénylbutène-1.1, et qui a été décrit par eux comme étant le *diphénylbutane*-1.1 (fondant à 27° et bouillant à 265°).

Le diphénylméthylpropane-1.1.2, hydrogéné vers 170° sur un nickel très actif, se change intégralement en *dicyclohexyl-1.1-méthyl-2-propane :*



liquide incolore inattaqué par le mélange sulfonitrique. Il bout à 278°-279° (corr.). On a trouvé $d_0^0 = 0{,}9017$ et, à 15°, $d_0^{15} = 0{,}8906$, avec $n_D = 1{,}492$, d'où l'on tire $R_D = 71{,}5$ (calculé 71,5).

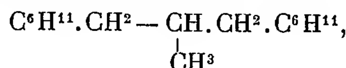
V. *Dicyclohexylméthylpropane*-1.3.2. — Nous avons fait réagir l'iodure de méthylmagnésium sur la *dibenzylcétone*, $C^6H^5.CH^2.CO.CH^2.C^6H^5$, préparée en catalysant l'acide phénylacétique. L'alcool tertiaire ainsi engendré se déshydrate totalement quand on le distille sous la pression ordinaire et donne le *diphénylméthylpropène*



liquide incolore qui bout à 304° (corr.).

Nous avons trouvé, à 16°, $d_0^{16} = 1{,}0181$, avec $n_D = 1{,}593$.

Soumis à l'hydrogénation sur un nickel très actif, à 170°, il fournit de suite le *dicyclohexyl*-1.3-*méthyl-2-propane*



liquide incolore qui n'est pas attaqué par le mélange sulfonitrique froid. Il bout à 290°-292° (corr.). Nous avons trouvé $d_0^0 = 0{,}8916$ et, à 19°, $d_0^{19} = 0{,}8840$, avec $n_D = 1{,}484$; d'où l'on déduit $R_D = 71{,}8$ (calculé 71,5).

Nous avons pu, par des voies analogues, préparer plusieurs dicyclohexylpentanes; c'est ce que nous aurons l'honneur d'exposer dans une prochaine Note.

GÉOLOGIE. — *Sur quelques roches écrasées du Plateau Central.* Note de M. **L. De Launay.**

Mon attention avait été depuis longtemps attirée, dans l'ouest du Plateau Central, par de nombreux lambeaux disséminés de roches bréchiformes présentant d'ordinaire l'aspect extérieur d'un granite ou d'un gneiss et

confondues par suite avec les granites ou gneiss voisins par les géologues antérieurs à moi. Sur toutes les feuilles successives de la Carte géologique que j'ai publiées depuis 1887, je me suis attaché à en noter les manifestations les plus minces et les plus localisées comme un élément tectonique particulièrement intéressant et j'ai appelé l'attention sur ces affleurements avec insistance dans toutes mes publications relatives au Plateau Central, en particulier dans les légendes des feuilles de Montluçon, Confolens, Aubusson, Guéret, etc. Généralement, j'ai noté ces lambeaux, qui ont souvent à peine quelques mètres de largeur, d'après leur âge probable, comme carbonifères, en faisant remarquer leur mode de formation très spécial, sauf sur la feuille de Confolens où on les trouvera désignés par la notation x_a. Cependant je n'étais pas arrivé à une explication satisfaisante de ces terrains qui se présentent ici dans des conditions stratigraphiques mal déterminées, comme des sortes d'éboulis ressoudés ou comme des remplissages de brèches. Quelques terrains très analogues de la même région, dont le plus caractéristique a été remarquablement décrit par M. Fayol sous le nom de Roche Sainte-Aline, se présentent, à leur voisinage, à l'état de véritables strates intercalées dans le terrain houiller stéphanien, avec passage latéral à des poudingues formés de galets roulés. Je m'étais donc contenté de les envisager, suivant les cas, tantôt comme des éléments sédimentaires particuliers des terrains carbonifères, tantôt comme des remplissages locaux de zones fracturées.

Mais, les beaux travaux de M. Termier sur les roches écrasées, ou mylonites, m'ayant suggéré l'idée qu'il pourrait y avoir, dans l'ouest du Plateau Central, des roches écrasées analogues à celles qu'il a décrites dans la région de Saint-Étienne, je suis retourné l'été dernier visiter une zone facilement accessible de ces affleurements au sud-est de Montluçon : vers Sainte-Agathe, Pérassier, Serclier, Landier, etc. J'y ai recueilli, en effet, de véritables mylonites.

En tous ces points, ces roches, qu'il ne faut pas confondre avec les poudingues sédimentaires à gros galets roulés, abondants au voisinage dans la même région, se présentent sous la forme d'une sorte de granite fissuré et sans homogénéité, qui est, en réalité, formé de fragments granitiques de toutes dimensions, souvent énormes, salis et rouillés, que peut cimenter une pâte plus fine formée d'éléments granitiques plus complètement broyés. Il s'introduit parfois, dans les fissures, un peu de matière houillère.

Sans entrer ici dans la description des autres points où l'on trouve des roches analogues, description que je donnerai ailleurs quand une nouvelle

campagne de courses m'aura permis d'aller les revoir et les contrôler [1], je me contenterai de signaler, d'après mes souvenirs, quelques autres affleurements particulièrement typiques. C'est, par exemple, le cas pour toute une longue traînée qui prend en écharpe la feuille d'Aubusson sur les prolongements nord et sud du bassin d'Ahun, depuis Glénie au nord jusqu'au sud d'Aubusson, où cette traînée bréchoïde vient recouper le gneiss à cordiérite. C'est également le cas pour les roches poudinguiformes que j'ai signalées sur la feuille de Confolens, près du Dorat, à l'ouest d'Oradour. C'est encore ce qu'on peut observer dans les environs de Bourganeuf, où je signalais déjà, dans la légende de la feuille de Guéret (1906), l'abondance des remplissages de faille bréchiformes. Au sud-ouest de cette ville, vers la Reigeasse et le château de Rigour, on a des agglomérats confus d'éléments gneissiques souvent très volumineux et anguleux. Il est facile d'en suivre la traînée vers le Nord, sur la bordure ouest du granite et l'on en retrouve encore un lambeau près de Montarichard. Ces affleurements de Bourganeuf offrent un intérêt tout particulier comme représentant la continuation probable vers le Nord d'une traînée remarquablement nette des mêmes roches que M. Mouret vient de découvrir dans la zone si bien décrite par lui des roches d'Argentat : traînée sur laquelle, d'après une obligeante communication, il se propose de publier prochainement un travail développé.

Indiquons maintenant brièvement quel paraît être le rôle tectonique de ces brèches, autant que la nouveauté de la question permet encore de s'en rendre compte. On pourra suivre cette description sur la dernière édition de la Carte au $\frac{1}{1000000}$, malgré les fortes corrections qu'il conviendrait d'y apporter d'après mes explorations depuis cette époque. J'ajoute aussitôt qu'il ne s'agira ici que de la partie ouest du Plateau Central, dont on peut marquer la limite au grand sillon houiller de Saint-Éloy : région à plissements armoricains, au delà de laquelle une bande fortement disloquée et brouillée marque le passage aux plis de direction varisque.

Si l'on traverse cette région du Sud-Ouest au Nord-Est, on rencontre successivement une série de zones, qui ne ressortent pas suffisamment sur les Cartes de détail trop compliquées et encore moins sur la Carte au mil-

---

(1) Le cas des roches Sainte-Aline, dont l'équivalent existe, d'après M. Fayol, à Brassac et à Épinac, montre avec quelle prudence il faut aborder l'étude de ces roches écrasées pour ne pas les confondre avec des formes locales de la sédimentation lacustre stéphanienne.

lionième, où l'on a eu le tort de ne pas mettre en évidence par le figuré quelques éléments d'une importance toute spéciale, tels que les zones à amphibolites, à diorites et à leptynites, ou les gneiss à cordiérite. Les principales de ces zones comprennent, du Sud-Ouest au Nord-Est : 1° des schistes et phyllades peu métamorphisés; 2° des terrains à amphibolites; 3° une traînée de sédiments primaires, à laquelle s'associent les roches écrasées d'Argentat; 4° un axe de schistes granulitisés où la granulite arrive à occuper des extensions remarquables, de Pontarion à Treignac et Corrèze; 5° une étroite zone de micaschistes accolée au gneiss à cordiérite d'Aubusson; 6° un groupe, sans doute plus profond, de gneiss avec granite. Si, à partir de ces granites francs qui sont ceux de Guéret, on oblique vers le Nord, on retrouve 7° une seconde chaîne granulitique particulièrement continue, puisque, de Montluçon, elle va sans interruption au delà de Montmorillon pour reparaître, aussitôt après la coupure apparente du détroit de Poitiers, en Bretagne et s'y poursuivre jusqu'à la baie de Douarnenez. Puis revient 8° une traînée à amphibolites et à diorites étonnamment analogue à celle de Brive et Tulle et qui semble d'ailleurs aller se souder avec celle-ci dans l'Ouest par la région de Confolens (tandis que, dans l'Est, il existe un grand secteur où ce genre de facies fait complètement défaut, remplacé par des gneiss plus caractérisés). Enfin, 9° dans ce même sens Nord, on retrouve une large bande de micaschistes avec quelques quartzites et leptynites et, de nouveau, 10° une traînée d'amphibolites, au moment où le Plateau Central va disparaître définitivement sous son recouvrement secondaire.

Du Sud au Nord, l'allure de ces terrains se modifie notablement. Après les phyllades de Donzenac et les schistes de Travassac qui plongent, avec une forte pente, vers le Sud, on trouve une série à amphibolites, dont la stratification presque horizontale m'avait, dès 1888, très vivement frappé, comme contrastant avec la disposition ordinaire des mêmes terrains plus au Nord. La coupe que j'ai donnée alors des environs de Roche-de-Vic [1] pourrait aujourd'hui s'interpréter très aisément comme un pli couché dont la racine serait au Sud-Ouest et qui viendrait passer sur les roches écrasées d'Argentat. Puis se développent des séries cristallophylliennes, dont les pendages moyens sont généralement très voisins de la verticale et, seulement quand on arrive tout à fait au Nord, par exemple dans la région de Sainte-Sévère, on retrouve beaucoup plus localement des strates horizontales de

---

[1] *Roches primitives de la feuille de Brive* (*Bull. Carte géol.*, n° 4, p. 15).

micaschistes, avec des terrains présentant cette particularité que leur pente moyenne est en sens inverse du relief du terrain, dirigée vers le Sud, vers les roches granitiques et granulitiques qui les limitent de ce côté.

Quand on examine ces diverses zones et leurs contacts respectifs, on est frappé de l'allure imbriquée qu'elles présentent dans leur ensemble. Il y a eu visiblement une grande pression venue du Sud-Ouest qui les a poussées plus ou moins loin vers le Nord-Est en leur donnant, d'une façon générale, une forme incurvée dont la concavité est tournée vers le Sud et qui les a fait glisser les unes sur les autres suivant des plans de rupture marqués par des écrasements (¹). Leurs limites constituent une série de longs décrochements formant failles, ou plans de glissement, le long desquels on trouve fréquemment les roches écrasées dont il a été question plus haut et suivant lesquels se sont également, en bien des cas, incrustés des filons de quartz très continus.

Sans insister sur une question qui demandera à être reprise, je signalerai d'abord, à ce propos, le grand accident, si bien étudié par M. Mouret et suivi par lui depuis les environs de Decazeville, par Argentat jusqu'à Bourganeuf. Un accident de même valeur limite le bord est de l'axe granulitique de Corrèze-Pontarion, comme celui d'Argentat le bord ouest de ces granulites. Un accident encore plus important prolonge le bassin d'Ahun vers le Nord par Jarnages jusqu'au delà de la chaîne granulitique de Châtelus et, en sens inverse, se continue par la Courtine jusqu'aux environs de Bort, où il va rejoindre le grand sillon houiller après 120^{km} de course continue. La bordure nord de la traînée carbonifère de Chambon est marquée par une faille du même genre, que prolonge le grand décrochement quartzeux d'Évaux, décrit autrefois par moi, et qui, lui aussi, se recourbe par Biollet pour aller rejoindre le sillon houiller, après 90^{km} ou 100^{km} de long. Enfin les granites écrasés qui ont été signalés à Montluçon au début de cette étude se placent sur le prolongement des failles du Sancerrois, par lesquelles est limité à l'Ouest le houiller de Commentry, comme, plus au Nord, l'est aussi celui de Villefranche et Cosne et qui se prolongent si loin vers le Nord à travers les terrains secondaires. On assiste donc, dans tout ce secteur, à une inflexion progressive de ces accidents, qui les mène peu à peu de la direction NW-SE affectée par les grandes failles limites sur la

(¹) On remarque de même, dans tous les plis du bassin de Paris, une dissymétrie qui accuse une pression venue de même du Sud-Ouest, perpendiculairement aux plis armoricains.

bordure sud-ouest du Plateau Central jusqu'à une direction NNE-SSW conforme à celle du sillon houiller, direction qui dominera ensuite vers l'Est jusqu'aux failles limites de la Limagne sur sa bordure ouest, de Moulins à Clermont.

L'âge principal de tous ces phénomènes paraît être carbonifère, intermédiaire entre le Dinantien et le Stéphanien, à peu près contemporain par suite des manifestations éruptives que j'ai décrites dans la Creuse (1). Le Stéphanien est souvent à cheval sur les limites de ces accidents qui semblent lui avoir préparé des lignes de dépression lacustre. Mais des mouvements antérieurs avaient certainement préparé ce tracé, qui a été ensuite accentué, pendant le Tertiaire, avec de fortes dénivellations. C'est ainsi qu'à l'Ouest, une des failles principales de la feuille de Confolens se prolonge presque depuis Limoges vers Lusignan et Parthenay à travers le Secondaire. Je viens également de remarquer que les accidents situés à l'ouest du bassin de Commentry étaient continués au Nord dans le Secondaire par ceux du Sancerrois. De même j'ai montré autrefois que la vallée du Cher a subi, pendant et après l'Oligocène, une compression transversale Est-Ouest qui a enfoncé vers le Centre ses terrains lacustres et dont les accidents sont conformes à la direction moyenne d'une traînée stéphanienne allant de Montluçon à Estivareille et Maulne, etc.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la relation de Trouton.* Note (2) de M. DE FORCRAND.

C'est en 1884 que le physicien Trouton publia la relation empirique très simple qui porte son nom :

$$\frac{L}{T} = 22 \text{ environ.}$$

Cependant, en présence des données acquises, surtout depuis une dizaine d'années, il devient impossible de maintenir à la relation de Trouton cette grande simplicité qui a contribué à en faire le succès au début.

La valeur d'un quotient qui peut varier depuis 4,5 pour l'hélium jusqu'à

(1) *Les roches éruptives carbonifères de la Creuse* (*Bul. Serv. Carte géol.*, n° 83). Voir également, dans le même Recueil : *La vallée du Cher dans la région de Montluçon* (n° 30).

(2) Reçue dans la séance du 28 avril 1913.

27 pour le cuivre (c'est-à-dire dans le rapport de 1 à 6) ne peut vraiment plus être considérée comme constante; et, bien que certains auteurs aient encore tout récemment admis la *loi de Trouton*, il n'est plus possible de croire qu'elle correspond à la réalité.

D'autre part, les variations de la valeur du quotient ont lieu dans un sens qui indique qu'elle est à peu près fonction de la température (absolue), et qu'elle croît avec elle.

Nernst le fait remarquer dans son *Traité de Chimie générale* (¹), et il propose, sous le nom de *règle de Trouton revisée*, la formule suivante :

$$\frac{L}{T} = 9,5 \log T - 0,007\, T.$$

Cette formule est assurément meilleure que la relation trop simple de Trouton. L'introduction du logarithme de T donnera d'abord une augmentation rapide de la valeur du quotient, puis un accroissement plus lent. Le second terme, négatif, rendra cet accroissement plus lent encore. Et c'est bien ainsi que les choses se passent de 20° à 500°.

On peut cependant adresser à cette formule deux critiques :

1° Il en résulterait que $\frac{L}{T}$ s'annule à peu près à 1° (exactement 1°,0017). Or rien ne le prouve jusqu'ici. La température θ pour laquelle L s'annule peut être 0°, ou une température supérieure. Elle serait telle qu'un corps bouillant dans ces conditions, sous la pression atmosphérique, aurait une température d'ébullition égale à sa température critique, et sa pression critique serait de 760^{mm}. Au-dessous de θ, les mots *point d'ébullition* n'auraient plus de signification. Mais pour connaître, même à peu près, la valeur de θ, il faudrait des données relatives à des températures plus basses que 20°,4.

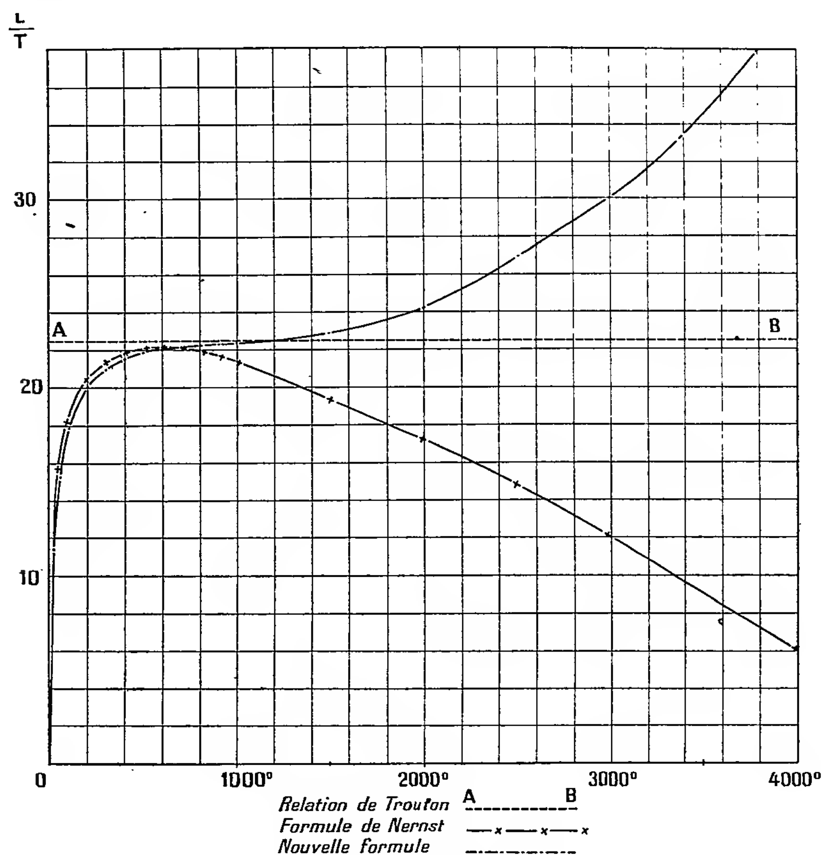
2° Il résulte de recherches récentes, déjà nombreuses, que les substances qui bouillent à des températures très élevées, dépassant 1000° absolus, telles que le zinc, et, d'après les travaux de Greenwood, le bismuth, le plomb, l'argent, l'étain, le cuivre donnent un quotient dépassant notablement 22, et pouvant atteindre 24, 26 ou 27.

Or la formule de Nernst est ainsi faite que la valeur qu'elle fournit, après avoir augmenté rapidement de 0° à 400°, croît de plus en plus lentement au delà, passe par un *maximum* vers 600°, puis diminue graduellement,

(¹) 1re Partie, p. 311 (traduction Corvisy, 1911).

s'annule à 5000° et devient négative ensuite. Cela est manifestement contraire aux faits.

J'ai cherché à corriger cette formule de Nernst en ajoutant d'abord un terme correctif positif en T^2, permettant à la valeur de $\frac{L}{T}$ de continuer à augmenter au delà de 500°. Les très nombreux calculs que j'ai effectués



m'ont montré que le terme $+ 0,0000026\,T^2$ convenait bien, à la condition d'augmenter un peu les deux premiers facteurs numériques.

La formule

$$\frac{L}{T} = 10,1 \log T - 0,009\,T + 0,0000026\,T^2$$

fournit des résultats qui sont tous un peu supérieurs aux nombres réels, ces nombres étant déduits soit des déterminations directes ou ébullioscopiques, soit du calcul Clapeyron au moyen des courbes des tensions, en ayant soin,

dans ce dernier cas, d'appliquer le mode de correction déduit par L. Gay[1] des travaux récents d'Amagat.

J'ai fait ce travail de comparaison aussi bien avec l'argent et le cuivre, d'après les données de Greenwood, qu'avec l'hydrogène et l'hélium (en utilisant pour ce dernier les déterminations de K. Onnes).

Il m'a conduit à adopter, comme dernier terme correctif, négatif : 1,5 ; et je propose la formule suivante :

$$\frac{L}{T} = 10,1 \log T - 1,5 - 0,009\, T + 0,0000826\, T^2.$$

Voici quelles sont les valeurs obtenues par l'application de cette formule[2], soit pour $\frac{L}{T}$, soit pour L.

T.	$\frac{L}{T}$. avec la nouvelle formule.	$\frac{L}{T}$. avec la formule de Nernst.	L. avec la nouvelle formule.	L. avec la formule de Nernst.
°			Cal	Cal
1,4118...	0	1,413	0	0,002382
50........	15,216	15,790	0,761	0,789
100........	17,826	18,300	1,783	1,830
200........	20,044	20,460	4,009	4,092
300........	21,053	21,432	6,315	6,430
400........	21,597	21,919	8,638	8,768
500........	21,910	22,140	10,955	11,070
600........	22,096	22,192	13,257	13,215
700........	22,209	22,128	15,546	15,490
800........	22,285	21,979	17,828	17,583
900........	22,344	21,765	20,109	19,588
1000........	22,400	21,500	22,400	21,500
1500........	22,958	19,673	34,437	29,509
2000........	24,240	17,360	48,481	34,720
2500........	26,569	14,780	66,425	36,951
3000........	30,019	12,032	90,057	36,098
4000........	42,719	6,219	170,880	24,878
5000........	55,859	0,140	279,298	0,701

(1) *Voir* ci-dessous, p. 1464.

(2) En regard, dans chacune des colonnes doubles, j'ai indiqué les valeurs qu'on obtiendrait avec la formule de Nernst. Quant à la relation de Trouton, elle donnerait uniformément 22 environ pour $\frac{L}{T}$.

Le graphique ci-joint représente les variations de $\frac{L}{T}$.

On remarquera que, pour un intervalle de température compris entre 250° et 900°, la courbe déduite de ma formule présente une sorte de palier et s'écarte peu de la droite horizontale AB, qui représente la relation de Trouton.

Or c'est justement dans ces limites que se trouvaient les nombres connus en 1884.

De là la relation de Trouton, qui n'est qu'une apparence, et un *à peu près* pour cet intervalle. Mais il est manifeste que ce n'est pas une loi.

On sait que l'histoire de la relation de Dulong et Petit est toute pareille. La chaleur atomique varie en réalité, pour chaque élément, depuis o (vers le zéro absolu) jusqu'à des valeurs qui semblent croître sans limite. Mais là encore il se trouve que, pour des températures comprises entre 250° et 600° absolus, presque toutes les courbes présentent grossièrement un palier pour une valeur de l'ordonnée comprise entre 6 et 6,8. C'est ce qui a donné naissance à la remarque de Dulong et Petit.

Dans l'un comme dans l'autre cas, il ne s'agit pas de lois scientifiques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dégradation méthodique de divers acides saturés mono et bibasiques.* Note de MM. **Ph. Barbier** et **R. Locquin**.

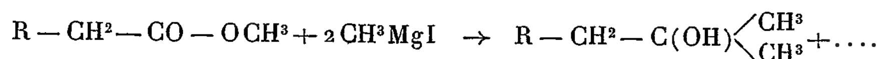
La présente Note est motivée par une récente publication de M. Bouvet qui a obtenu des combinaisons du même genre que celles qui nous servent de point de départ dans un travail que nous avons entrepris sur la recherche d'une méthode de dégradation des molécules acides.

Tous les chimistes savent combien il est difficile de dégrader par voie d'oxydation les acides saturés et même les cétones de poids moléculaires élevés. Lorsqu'on parvient à réaliser l'oxydation, les débris moléculaires recueillis ne permettent pas de déduire une idée relative à la constitution du corps initial.

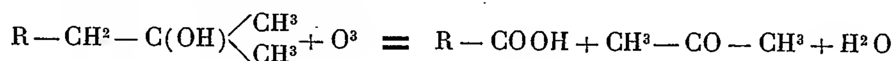
Nous avons cherché une méthode qui permette de passer avec certitude d'un acide saturé à son homologue inférieur, et nous avons trouvé, dans l'emploi des combinaisons organo-magnésiennes découvertes par l'un de nous, un moyen d'atteindre ce but.

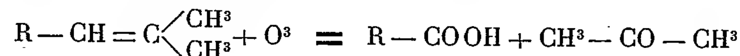
Le principe de la méthode est le suivant : nous commençons par compliquer la molécule en transformant le carboxyle en un groupement alcool

tertiaire par l'action de 2^{mol} de CH^3MgI sur l'éther méthylique, ou éthylique de l'acide

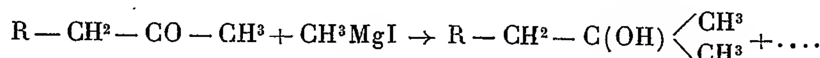


Puis, dans une seconde opération, nous soumettons à l'oxydation, soit les alcools tertiaires ainsi obtenus, soit les hydrocarbures non saturés qui en dérivent par déshydratation



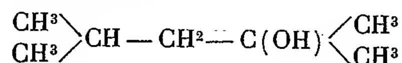


Il est à remarquer que cette transformation peut être atteinte aussi bien en partant des cétones qu'en partant des éthers-sels. Ainsi la méthylnonylcétone conduit au même résultat que le caprate (ou décanoate) d'éthyle



Pour déterminer le mécanisme de cette dégradation et établir la valeur du procédé, nous nous étions proposé d'opérer sur des corps de condensations moléculaires variées, mais nous avons été limités dans nos essais par la difficulté d'obtention de certaines molécules acides de structure spéciale. Nous relatons ci-dessous les expériences qui ont porté sur des corps de constitution connue :

I. *Acide isovalérique.* — L'éther éthylique, traité par le CH^3MgI suivant la méthode habituelle donne le 2.4-diméthylpentanol-4

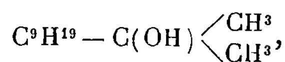


bouillant à 120°-130°, ainsi qu'un peu de pseudoheptylène bouillant à 83°-84°. Le 2-4-diméthyl-pentanol-4, chauffé à l'ébullition avec une solution de CrO^3 dans l'acide sulfurique étendu à 10 pour 100, est transformé lentement en acide isobutyrique. L'oxydation du pseudoheptylène par MnO^4K donne ce dernier acide dans de meilleures conditions. Ces résultats confirment ceux qui ont déjà été obtenus par d'autres auteurs.

II. *Acide décanoïque* ou, ce qui revient au même, méthylnonylcétone



L'action du CH^3MgI conduit au diméthylnonylcarbinol



$$C^9H^{19}-C(OH)\begin{matrix}\diagup CH^3\\ \diagdown CH^3\end{matrix},$$

liquide bouillant de 123° à 127° sous 13^{mm} et dont l'acétate bout de 140° à 142° sous 17^{mm}. Le diméthylnonylcarbinol n'est pas attaqué, même à chaud, par une solution aqueuse de MnO^4K; mais, sous l'action du CrO^3 en milieu sulfurique, il fournit de l'acide pélargonique et du pélargonate de l'alcool tertiaire lui-même dont on peut, par saponification, retirer une nouvelle quantité d'acide pélargonique.

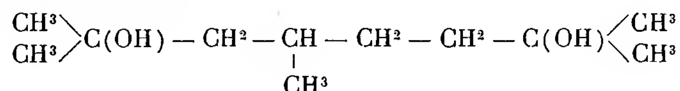


III. *Acide* 2.5-*diméthylhexanoïque* $(CH^3)^2=CH-CH^2-CH^2-\overset{\overset{CH^3}{|}}{C}H-COOH$. — Cet acide, dont il n'a pas encore été fait mention et que nous avons obtenu par l'action du bromure d'isoamyle sur le méthylmalonate d'éthyle sodé, bout à 228°-230° sous 760^{mm} et à 127°-130° sous 18^{mm}. Son *éther méthylique* bout à 172°-173° et son *chlorure* (par $SOCl^2$) à 69° sous 16^{mm}. Son *amide* fond à 99°-100° après cristallisation dans l'éther de pétrole ou par évaporation lente de H^2O alcoolique; sa *paratoluide*, difficile à purifier à cause de sa grande solubilité dans tous les solvants organiques, fond vers 75° après cristallisation par évaporation lente de l'alcool étendu.

L'action de CH^3MgI sur l'éther méthylique ci-dessus décrit conduit intégralement au 2.3.6-*triméthylheptanol*-2, liquide bouillant à 92°-95° sous 18^{mm} et possédant une odeur de jacinthe assez agréable.

Cet alcool, oxydé par $CrO^3+SO^4H^2$ étendu, fournit d'une part des portions neutres très abondantes et d'autre part des portions acides. Ces dernières renferment surtout les acides acétique, isovalérique et isocaproïque, qui ont été caractérisés par le point de fusion (82°-126° et 120°) des amides correspondantes après qu'on eut isolé les acides à l'état de sels de baryum et qu'on les eut séparés les uns des autres par leur transformation en éthers méthyliques bouillant respectivement vers 60°-115° et 150°. Les portions neutres sont constituées en majeure partie par de la *méthylisoamylcétone*, $CH^3-CO-CH^2-CH^2-CH\begin{matrix}\diagup CH^3\\ \diagdown CH^3\end{matrix}$, bouillant vers 140°-145°, isolable à l'état d'oxime bouillant vers 90° sous 12^{mm} ou à l'état de semi-carbazone fondant à 142°-143° comme l'ont indiqué différents auteurs. A côté de cette cétone, on recueille un peu d'hydrocarbure non saturé bouillant vers 160°-165° et des portions supérieures passant au-dessus de 85° sous 15^{mm}, renfermant un mélange d'isovalérate et d'isocaproate de l'alcool tertiaire primitif.

IV. *Acide* β-*méthyladipique*. — L'action de CH^3MgI sur le β-méthyladipate de CH^3 donne intégralement le *glycol*



$$\begin{matrix}CH^3\diagdown\\ CH^3\diagup\end{matrix}C(OH)-CH^2-\underset{\underset{CH^3}{|}}{C}H-CH^2-CH^2-C(OH)\begin{matrix}\diagup CH^3\\ \diagdown CH^3\end{matrix}$$

liquide bouillant à 137°-141° sous 15^{mm} et se solidifiant à la longue. Par oxydation

chromique de ce glycol, on obtient une certaine quantité de portions neutres, entraînables par la vapeur d'eau, bouillant de 160° à 200° et constituées en majeure partie par le *carbure diéthylénique* souillé d'un peu de monoalcool éthylénique bouillant vers 200°-205°.

En agitant la solution chromique à l'éther, on extrait une certaine quantité d'*acide méthylsuccinique* caractérisable par le point d'ébullition de son éther diméthylique (100°-110° sous 15^{mm}) et par le point de fusion (112°) de l'acide régénéré de cet éther.

Les conclusions qui se dégagent des expériences ci-dessus mentionnées sont simples : On voit que, lorsque le COOH est soudé à un CH^2, le groupement $\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}\!\!>\!OH$ s'élimine sous forme de $CH^3.CO.CH^3$ tandis que le CH^2 voisin se transforme en COOH. On passe ainsi de l'acide initial à son homologue immédiatement inférieur.

Lorsque le COOH est soudé à 1^{at} de C lui-même substitué (par exemple dans le cas d'un acide α-méthylé), les résultats, quoique un peu plus compliqués, présentent la même netteté. Le produit principal de l'oxydation est alors une cétone, qui se fait en quantité telle que le procédé pourrait à la rigueur constituer un mode de préparation de certains composés cétoniques.

Les acides bibasiques se comportent de la même manière que les acides monobasiques, mais la dégradation porte simultanément sur les deux carboxyles terminaux. Ces essais nous ont paru suffisamment concluants pour que nous cherchions à appliquer le procédé à des molécules acides compliquées et notamment aux acides pinonique et pinique dont la structure, en rapport étroit avec celle du pinène, présente une importance capitale. Nous publierons incessamment la suite de ces recherches.

M. **Mittag-Leffler** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé : Henri Poincaré, *Analyse de ses travaux scientifiques*, et de la *Table générale* des Tomes I-XXXV (1882-1912) des *Acta mathematica*.

A cette occasion, M. le **Secrétaire perpétuel** annonce la publication prochaine des Œuvres mathématiques d'*Henri Poincaré*, qui sera entreprise par M. *Gauthier-Villars*, sous les auspices du Ministère de l'Instruction publique et de l'Académie des Sciences.

CORRESPONDANCE.

M. H. **Bazin**, présenté pour la troisième place de Membre non résident, remercie l'Académie de l'honneur qu'elle a bien voulu lui faire.

M. le **Doyen de la Faculté des Sciences de Genève** invite l'Académie à se faire représenter à l'érection d'un buste qui sera élevé à la mémoire de *Pierre Prévost*, le 5 juin prochain.

M. E.-A. **Martel** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à l'une des places vacantes dans la Section des Académiciens libres.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Ministère de l'Agriculture. Direction générale des Eaux et Forêts. *Statistique et Atlas des forêts de France*, par Lucien Daubrée. Tome I.

2° C. Julien. *La Motoculture.* (Présentée par M. Tisserand.)

ASTRONOMIE. — *Sur l'orbite provisoire de la nouvelle comète 1913 a (Schaumasse).* Note de MM. **Fayet** et **Schaumasse**, transmise par M. Bassot.

Pour calculer cette première orbite parabolique, on a adopté comme base les positions suivantes qui résultent des observations effectuées par M. Schaumasse, avec l'équatorial coudé de l'Observatoire de Nice :

Dates 1913.	Temps moyen de Paris.	λ 1913,0.	β 1913,0.
	h m s	° ′ ″	° ′ ″
Mai 6........	14.45.40	319.17.25,5	+26. 8.48,3
» 7........	14.35. 2	318.44.40,5	+27.11.40,6
» 8........	13.43.25	318. 9.59,5	+28.15.39,0

Voici les éléments conclus :

$$T = 1913, \text{ mai } 25{,}4222 \text{ temps moyen Paris}$$

$$\left.\begin{aligned} \omega &= 53°.32'.\ 8'' \\ \Omega &= 315.21.\ 7 \\ i &= 152.31.26 \end{aligned}\right\} 1913{,}0$$

$$\log q = 0{,}162920$$

$$\text{Représentation du lieu moyen, } O - C = \left\{ \begin{aligned} \cos\beta\, d\lambda &= -0'',5 \\ d\beta &= 0'',2 \end{aligned}\right.$$

On a pu vérifier, en outre, que la parabole précédente satisfait également à une nouvelle observation obtenue le 9 mai par M. Schaumasse.

Il en résulte l'éphéméride suivante, calculée pour minuit moyen de Paris :

Dates 1913.	Æ.	Déclinaison.	log. r.	log Δ.	$\frac{1}{r^2 \Delta^2}$.
	h m s	° ′			
Mai 8...........	20.48.29	+11.31	0,1639	0,0251	0,42
» 16...........	20.10.38	+20. 9	0,1629	9,9373	0,63
» 24...........	19. 3.21	+31.10	0,1646	9,8650	0,87
Juin 1...........	17.15.56	+40. 6	0,1689	9,8476	0,93
» 9...........	15.22. 2	+41. 1	0,1756	9,8993	0,71
» 17...........	14. 6. 3	+36.54	0,1844	9,9848	0,46

De 9e grandeur lors de la découverte, cet astre va augmenter d'éclat jusqu'au début de juin. A cette époque, il passera au méridien vers minuit et comme, dans nos régions, il culminera au voisinage du zénith, on peut espérer qu'il deviendra, sinon visible à l'œil nu, tout au moins perceptible à l'aide d'une simple jumelle.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur la réduction des formes quadratiques binaires à coefficients entiers dans un corps quadratique réel.* Note (1) de **Gaston Cotty**, présentée par M. G. Humbert.

1. La réduction des formes binaires du second degré à coefficients entiers dans un corps quadratique réel n'a jamais été effectuée; on peut établir qu'elle est possible et se rattache soit à la théorie des fonctions abéliennes, soit à l'existence du domaine fondamental dans l'espace à quatre dimensions

(1) Présentée dans la séance du 5 mai 1913.

du groupe modulaire d'un corps quadratique réel quelconque. Les deux points de vue sont également intéressants et font ressortir l'analogie des entiers d'un corps quadratique réel $\sqrt{\Delta}$ et des entiers ordinaires. Nous distinguerons deux types de formes binaires définies, une forme $\varphi(x, y)$ définie, du corps $\sqrt{\Delta}$, étant *parfaitement ou imparfaitement définie*, suivant que sa conjuguée $\varphi'(x', y')$ dans ce corps est définie ou indéfinie ; nous distinguons de même des formes *parfaitement* ou *imparfaitement indéfinies*. Si nous considérons *des couples* $[\varphi, \varphi']$ de deux formes binaires conjuguées du corps $\sqrt{\Delta}$,

$$\varphi(x, y) = ax^2 + 2bxy + cy^2, \qquad \varphi'(x', y') = a'x'^2 + 2b'x'y' + c'y'^2,$$

en désignant, d'une façon générale, le conjugué d'un entier du corps $\sqrt{\Delta}$ par la même lettre que cet entier, mais accentuée, il existe trois types de couples : *défini*, *mixte*, *indéfini*, suivant que les deux formes φ et φ' sont toutes deux définies ou bien l'une définie et l'autre indéfinie, ou, enfin, toutes deux indéfinies.

Effectuons sur x, y, x', y' la substitution unimodulaire

$$\Sigma = (x, y, x', y'; \alpha X + \beta Y, \gamma X + \delta Y, \alpha' X' + \beta' Y', \gamma' X' + \delta' Y'),$$

α, β, γ et δ sont entiers dans le corps $\sqrt{\Delta}$ et $\alpha\delta - \beta\gamma = 1$. Les deux formes φ et φ' se changent en deux autres formes binaires, $\Phi(X, Y)$ et $\Phi'(X', Y')$, du corps $\sqrt{\Delta}$ qui sont conjuguées et ont respectivement même discriminant $D = ac - b^2$ et $D' = a'c' - b'^2$ que φ et φ'. Φ est dite *équivalente* à φ; le couple $[\Phi, \Phi']$ est dit *équivalent* au couple $[\varphi, \varphi']$. Deux formes équivalentes sont de même type et ont même discriminant; on est conduit à la notion de *classe*, au problème de la *réduction*.

2. Au cours de nos recherches sur la théorie des fonctions abéliennes, nous avons pu formuler le principe très général suivant :

Le système des fonctions abéliennes simplement singulières $\mathfrak{F}(u, v)$, dont les périodes normales vérifient une unique relation singulière d'invariant essentiellement positif et non carré parfait 4Δ s'il est pair (on suppose en outre dans ce cas $\Delta \not\equiv 1 \bmod 4$) et Δ, s'il est impair, joue par rapport aux entiers du corps quadratique réel $\sqrt{\Delta}$ le même rôle qu'un système de fonctions elliptiques par rapport aux entiers ordinaires.

Ce principe permet l'extension à ce corps réel $\sqrt{\Delta}$ de tous les problèmes

et de toutes les notions que viennent présenter les fonctions elliptiques dans le corps des entiers.

La multiplication complexe des fonctions $\mathcal{F}(u, v)$ conduit à distinguer des fonctions $\mathcal{F}(u, v)$ de multiplication complexe analogues aux fonctions elliptiques de même nom, et dont les paramètres complets ξ et η des périodes normales vérifient deux équations conjuguées du second degré :

$$A\xi^2 + 2B\xi + C = 0, \qquad A'\eta^2 + 2B'\eta + C' = 0,$$

les deux formes $Ax^2 + 2Bxy + Cy^2$ et $A'x'^2 + 2B'x'y' + C'y'^2$ étant deux formes binaires conjuguées parfaitement définies du corps $\sqrt{\Delta}$. Nous ne pouvons développer ici ce sujet; signalons simplement que l'équivalence de ces formes parfaitement définies se présente aussi de la même manière que celle des formes binaires définies ordinaires dans la théorie des fonctions elliptiques de multiplication complexe. On a ainsi une nouvelle application du principe précédent.

3. Sous sa forme géométrique, le procédé de réduction que nous proposons repose essentiellement sur ce que les substitutions (Σ) forment un groupe isomorphe au groupe modulaire (G) (où l'on ne considère que les transformations droites) du corps $\sqrt{\Delta}$. Ce groupe étant un groupe hyperabélien, il résulte de propriétés élémentaires de la réduction continuelle des formes quadratiques et des travaux de M. Picard, qu'il a un domaine fondamental dans l'espace à quatre dimensions ou, ce qui revient au même, dans l'ensemble des demi-plans analytiques $(\xi_1 > 0)$, $(\eta_1 < 0)$ de deux variables complexes $\xi = \xi_0 + i\xi_1$ et $\eta = \eta_0 + i\eta_1$; ce domaine (D) n'a pu être construit, mais on sait qu'il n'a qu'un seul point à l'infini (ξ_1 et η_1 infinis) et aucun point commun avec la frontière $(\xi_1 = 0, \eta_1 = 0)$.

Soit φ une forme parfaitement définie de discriminant positif D; D' est aussi positif. A cette forme φ ou au couple défini $[\varphi, \varphi']$, faisons correspondre le point (m) (couple de points analytiques) : $\xi = -\dfrac{b + i\sqrt{-D}}{a}$, $\eta = \dfrac{-b' i\sqrt{-D'}}{a'}$ en supposant a et a' positifs. Deux formes équivalentes ont comme images deux points équivalents dans le groupe (G). Si (m) est dans le domaine (D), φ est *réduite*. On vérifie aisément que :

Le nombre des classes de formes binaires parfaitement définies de discriminant positif donné est fini. A chaque classe correspond une et une seule forme réduite.

Soit $[\varphi, \varphi']$ un couple mixte; supposons, par exemple, D positif et D'

négatif. A ce couple, faisons correspondre l'image suivante : 1° le point (m) $\xi = -\frac{b+i\sqrt{-D}}{a}$; 2° le demi-cercle (c') du demi-plan $(\eta_1 < 0)$ ayant pour équation $a'(\eta_0^2 + \eta_1^2) + 2b'\eta_0 + c' = 0$. Si (m) est dans (D) et si (c') coupe ce domaine, φ est réduite.

A un couple indéfini $[\varphi, \varphi']$ ou à une forme parfaitement indéfinie φ, associons l'image suivante : 1° le demi-cercle (c) du demi-plan $(\xi_1 > 0)$ ayant pour équation $a(\xi_0^2 + \xi_1^2) + 2b\eta_0 + c = 0$; 2° le demi-cercle (c'). Si (c) et (c') coupent tous deux (D), φ est *réduite*. Il existe ainsi plusieurs réduites par classe de formes parfaitement ou imparfaitement indéfinies, mais :

Le nombre des classes de formes binaires imparfaitement définies ou bien indéfinies parfaitement ou non, de même discriminant, est fini.

Ce sont ces théorèmes que nous avions en vue ; ils limitent le nombre des irrationnalités distinctes qu'on peut déduire des équations à coefficients entiers dans un corps réel et dont l'invariant est fixé.

4. Assujettissons le déterminant $\alpha\delta - \beta\gamma$ de (Σ) à être égal à une unité du corps $\sqrt{\Delta}$; on peut définir ainsi une infinité d'ordres d'équivalence impropre. Si cette unité est arbitraire, on peut comparer les couples $[\varphi, \varphi']$ dans les substitutions (Σ) dont la norme du déterminant n'est assujettie qu'à être égale à 1. La norme du discriminant de φ est un entier ordinaire qui est l'invariant du couple. On établit aisément la *distribution en un nombre limité de classes des couples de même invariant*. Ces ordres d'équivalence impropre en nombre infini sont particuliers aux corps réels. Ce résultat doit être rapproché des considérations analogues relatives aux *formes à indéterminées conjuguées des corps réels* que nous avons définies et réduites dans notre Thèse.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries de Lambert.* Note (¹) de M. E. **Landau**, présentée par M. J. Hadamard.

Dans un Mémoire inséré au Tome 142 du *Journal de Crelle* (1913), M. Knopp étudie les « séries de Lambert »

$$L(x) = \sum_{n=1}^{\infty} b_n \frac{x^n}{1-x^n}.$$

(¹) Présentée dans la séance du 21 avril 1913.

Parmi ses résultats, il considère comme le plus essentiel le théorème suivant, qu'il démontre aux paragraphes 4-6 : I. *Soit* γ *un nombre irrationnel,* $\xi = e^{2\pi i\gamma}$. *On suppose que la série* $\sum_{n=1}^{\infty} |b_n|$ *converge. Alors,* x *tendant vers* ξ *sur le rayon vecteur issu de* o,

$$(1) \qquad \lim_{x=\xi} \left(1 - \frac{x}{\xi}\right) L(x) = 0.$$

M. Knopp constate en outre que : II. *L'égalité* (1) *a lieu plus généralement lorsque* x *s'approche de* ξ *dans l'angle*

$$\alpha < \operatorname{arc}\left(1 - \frac{x}{\xi}\right) < \beta,$$

où

$$-\frac{\pi}{2} < \alpha < \beta < \frac{\pi}{2},$$

pourvu qu'on fasse pour γ *la restriction que les dénominateurs partiels de sa fraction continue soient bornés.* Il remarque enfin que : III. *Le même résultat* {équation (1)} *subsiste dans l'angle en question du moment que* $q_s = o(k_{s-2})$, *où* q_s *est le* $s^{\text{ième}}$ *dénominateur partiel,* k_s *le dénominateur de la* $s^{\text{ième}}$ *réduite.*

Je démontrerai dans ce qui suit que : I. *L'égalité* (1) *a lieu dans l'angle dont il s'agit sans aucune restriction pour le nombre irrationnel* γ, *et cela non seulement dans l'hypothèse de M. Knopp que* $\sum_{n=1}^{\infty} |b_n|$ *converge, mais même si l'on sait seulement que* $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{|b_n|}{n}$ *converge.* II. *Dans les hypothèses du théorème II de M. Knopp, on a de plus dans cet angle*

$$(2) \qquad \lim_{x=\xi} \sqrt{\left|1 - \frac{x}{\xi}\right|}\, L(x) = 0.$$

III. *Dans les hypothèses du théorème III de M. Knopp, ou même si* $q_s = O(k_{s-1})$ {*au lieu de* $o(k_{s-2})$}, *on a, dans le même angle,*

$$(3) \qquad \lim_{x=\xi} \left|1 - \frac{x}{\xi}\right|^{\frac{2}{3}} L(x) = 0.$$

Démonstration. — Je suppose que $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{|b_n|}{n}$ converge. Alors, pour $|x| < 1$,

$$L(x) = \sum_{n=1}^{\infty} x^n \sum_{m|n} b_m = \sum_{n=1}^{\infty} a_n x^n = \sum_{n=1}^{\infty} a_n \xi^n \left(\frac{x}{\xi}\right)^n = \sum_{n=1}^{\infty} c_n \left(\frac{x}{\xi}\right)^n.$$

On sait que, pour démontrer mes assertions (1) ou (2) ou (3) pour une série de puissances quelconque $\sum_{n=1}^{\infty} c_n \left(\frac{x}{\xi}\right)^n$, il suffit de prouver, y parcourant les valeurs positives entières,

$$C(y) = \sum_{n=1}^{y} c_n = o(y) \quad \text{ou} \quad o\left(y^{\frac{1}{2}}\right) \quad \text{ou} \quad o\left(y^{\frac{2}{3}}\right).$$

Or, dans le cas actuel (voir page 28 de la Thèse de M. Knopp, Berlin, 1907),

$$C(y) = \sum_{n=1}^{y} \xi^n \sum_{m \mid n} b_m = \sum_{m=1}^{y} b_m \sum_{q=1}^{\left[\frac{y}{m}\right]} \xi^{mq}.$$

D'une part, on a évidemment

$$\left| \sum_{q=1}^{\left[\frac{y}{m}\right]} \xi^{mq} \right| \leqq \left[\frac{y}{m}\right] \leqq \frac{y}{m};$$

d'autre part,

$$\left| \sum_{q=1}^{\left[\frac{y}{m}\right]} \xi^{mq} \right| = \left| \frac{\xi^m - \xi^{m\left(\left[\frac{y}{m}\right]+1\right)}}{1 - \xi^m} \right| \leqq \frac{2}{|1 - \xi^m|}.$$

Donc, z désignant un entier positif $< y$, dont je disposerai plus tard, pour $y \geqq 2$,

$$(4) \qquad |C(y)| \leqq \sum_{m=1}^{z} \frac{2|b_m|}{|1 - \xi^m|} + y \sum_{m=z+1}^{y} \frac{|b_m|}{m}.$$

I. J'entends par z le plus grand entier $< y$ tel que

$$\sum_{m=1}^{z} \frac{2|b_m|}{|1 - \xi^m|} < \frac{2|b_1|}{|1 - \xi|} + \sqrt{y}.$$

Ce z croît évidemment, avec y, vers ∞; (4) donne donc

$$C(y) = O(\sqrt{y}) + y . o(1) = o(y).$$

II. Si les dénominateurs partiels de la fraction continue sont bornés, on sait que, une constante positive $\varkappa$ étant convenablement choisie, $|m\gamma - g| > \frac{\varkappa}{m}$ pour tous les entiers $m \geqq 1$ et tous les entiers g. Il s'ensuit l'existence d'une

constante positive λ telle que, pour tous les entiers $m \geqq 1$, $|1-\xi^m| > \frac{\lambda}{m}$. Donc, par (4),

$$|C(y)| \leqq \frac{2}{\lambda}\sum_{m=1}^{z}|b_m|m + y\sum_{m=z+1}^{\infty}\frac{|b_m|}{m}.$$

Je suppose maintenant avec M. Knopp que $\sum_{m=1}^{\infty}|b_m|$ converge et je pose $z=[\sqrt{y}]$. J'obtiens

$$|C(y)| \leqq o(z) + \frac{y}{z}\sum_{m=z+1}^{\infty}|b_m| = o(z) + o\left(\frac{y}{z}\right) = o(\sqrt{y}).$$

III. Si $q_s = O(k_{s-1})$, la distance de γ à la $s^{\text{ième}}$ réduite $\frac{k'_s}{k_s}$ est supérieure à $\frac{\nu}{k_s^3}$, $\nu > 0$ étant convenablement choisi; ceci résulte de l'identité

$$\gamma - \frac{k'_s}{k_s} = \frac{(-1)^s}{k_s(k_s\gamma_s + k_{s-1})},$$

où $\gamma_s = q_{s+1} + \frac{1}{\dots} < q_{s+1} + 1 = O(k_s)$. Or, l'on sait que toute fraction $\frac{g}{m}$ $(m>0)$, dont la distance à γ est inférieure à $\frac{1}{2m^2}$, est une réduite $\frac{k'_s}{k_s}$; il existe donc (en vertu de $k_s \leqq m$) une constante positive $\varkappa$ telle que, pour tous les entiers $m \geqq 1$ et tous les entiers g, $|m\gamma - g| > \frac{\varkappa}{m^2}$. On peut donc choisir $\lambda > 0$ de façon que, pour tous les entiers $m \geqq 1$, $|1-\xi^m| > \frac{\lambda}{m^2}$. Donc, d'après (4), $\sum_{m=1}^{\infty}|b_m|$ étant supposé convergent et z étant posé $=[\sqrt[3]{y}]$,

$$|C(y)| \leqq \frac{2}{\lambda}\sum_{m=1}^{z}|b_m|m^2 + \frac{y}{z}\sum_{m=z+1}^{\infty}|b_m| = o(z^2) + o\left(\frac{y}{z}\right) = o\left(y^{\frac{2}{3}}\right).$$

CHRONOMÉTRIE. — *Précision nouvelle de l'indépendance latérale du balancier des chronomètres marins. Atténuation de la perturbation d'isochronisme due à l'inertie des ressorts réglants.* Note de M. **Jules Andrade.**

I. Dans la première Partie de ma Note du 21 avril, dont je conserve ici les notations, l'évaluation de la pression exercée par un spiral double sur la virole commune doit être rectifiée et complétée comme il suit :

1° La résultante de translation des actions exercées sur le balancier par le spiral double sur sa virole a pour valeur $4\frac{EI}{L^2}u$;

2° Sa composante radiale est $4\frac{EI}{L^2}u\sin u$;

3° Sa direction est fixe et coïncide avec la direction des deux rayons opposés aboutissant aux deux pitons.

II. Subsistent sans modification les propriétés énoncées dans la seconde Partie de ma Note et relatives à la suppression complète de toute pression sur l'axe du balancier par l'emploi de deux spiraux doubles convenablement choisis.

Il importe de signaler la précision nouvelle de cette indépendance latérale de l'axe du balancier : le calcul montre que le résultat est obtenu à une approximation qui est au moins de l'ordre de $\frac{1}{p^4}$. Pour $p = 20\pi + \frac{\pi}{2}$, cette fraction est inférieure à $\frac{1}{14.10^7}$. Si nous rappelons que la vibration sinusoïdale est réalisée par tout spiral double à une approximation de l'ordre de $\frac{1}{p^3}$, soit $\frac{1}{221000}$, on verra que la liberté latérale du balancier obtenue par la nouvelle méthode est pratiquement complète.

III. Enfin, montrons que, dans l'association de deux spiraux doubles et tout en respectant la condition d'ajustage,

$$\frac{EI}{L^2} = \frac{E'I'}{L'^2}, \tag{1}$$

on peut *considérablement atténuer* les petites perturbations d'isochronisme produites par l'inertie des ressorts réglants, perturbations dont les coefficients dépendent des moments d'inertie de ces ressorts par rapport à l'axe du balancier.

Comparons, à ce point de vue, le spiral unique S_0 approprié à un balancier donné et notre assemblage de deux spiraux doubles S_1 et S_2, chaque spiral isolé ayant même étendue angulaire p. Le système $(S_1 S_2)$ sera équivalent à S_0 si, à la relation (1), on ajoute cette autre relation

$$2\left(\frac{EI}{L} + \frac{E'I'}{L'}\right)\left(1 + \frac{4}{p^2}\right) = \frac{E_0 I_0}{L_0}. \tag{2}$$

Adoptons par exemple pour les spiraux S_1, S_2, S_0 des sections semblables

dont les échelles linéaires respectives sont m, m' et 1 tandis que les échelles des rayons des spiraux sont respectivement λ, λ' et 1.

En employant *des spiraux de même métal* nous aurons :

$$\frac{m^4}{\lambda^2} = \frac{1}{2(\lambda+\lambda')\left(1+\frac{4}{r^2}\right)} = \frac{m'^4}{\lambda'^2}. \tag{3}$$

Adoptons par exemple $\lambda = 0,18$, $\lambda' = 0,32$; le moment d'inertie du système $(S_1 S_2)$ sera environ la VINGT ET UNIÈME partie du moment d'inertie de S_0.

IV. En adoptant les valeurs précédentes de λ et λ', on trouvera de même que la masse du système $(S_1 S_2)$ est environ le *quart* de la masse du spiral S_0.

La remarque III intéresse le réglage, la remarque IV intéresse le prix de revient d'un réglage surtout lorsque les ressorts employés sont en palladium.

PHYSIQUE. — *Biréfringence magnétique de mélanges liquides.* Note de MM. **A. Cotton** et **H. Mouton**, présentée par M. J. Violle.

Nos recherches sur les relations de la biréfringence magnétique des liquides purs avec leur composition chimique [1] nous ont montré qu'il serait très intéressant de pouvoir étudier non seulement des corps purs, mais des solutions. Un grand nombre de composés ont un point de fusion trop élevé pour qu'on puisse les étudier à l'état liquide. Une question se pose alors : dans quelle mesure l'étude de la solution peut-elle renseigner sur la biréfringence spécifique du corps qu'on a dissous?

Il était tout naturel de commencer ces recherches par l'étude de la biréfringence magnétique des mélanges. Déjà, dans nos conditions expérimentales actuelles, sur certains liquides convenablement choisis, on peut mesurer avec une précision suffisante la biréfringence magnétique, même lorsque la dilution la réduit dans une proportion notable.

L'hypothèse la plus simple que l'on puisse faire touchant la biréfringence d'un mélange de deux liquides est que la *règle d'additivité* est applicable, c'est-à-dire

---

[1] *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. XXVIII, février 1913, p. 209.

que tout se passe comme si les liquides considérés se trouvaient placés dans deux tubes séparés, traversés successivement par le rayon lumineux, ces deux tubes étant de même section que celui dans lequel on examine le mélange et de longueurs telles que les masses respectives y soient les mêmes que dans le mélange. Si cette règle est applicable, il existe une relation simple entre la biréfringence β du mélange et les biréfringences β_m, β'_m des deux composants purs, mesurées toutes trois dans le même tube et dans le même champ magnétique. Si l'on sait en effet qu'un volume donné peut être rempli successivement : 1° avec un mélange renfermant c grammes du premier corps et c' grammes du second; 2° avec une masse c_m du premier corps pur; 3° avec une masse c'_m du second corps, on devra avoir

$$\beta = \frac{c}{c_m}\beta_m + \frac{c'}{c'_m}\beta'_m.$$

Le second membre se réduit à son premier terme lorsque le deuxième corps n'a pas de biréfringence sensible; la droite représentant la variation de la biréfringence en fonction de la *concentration en volume* $\frac{c}{c_m}$ passe alors par l'origine.

Pour soumettre au contrôle de l'expérience la légitimité de cette hypothèse, nous avons d'abord étudié des mélanges de *nitrobenzène* avec du tétrachlorure de carbone, de l'alcool, de l'acétone, du dibromure d'éthylène.

Voici les résultats obtenus avec les mélanges de tétrachlorure de carbone, corps *inactif :*

Valeurs de $\frac{c}{c_m}$ (nitrobenzène)...	0,199	0,398	0,596	0,790	1,000
Biréfringences β observées.....	26',6	65',0	114',5	178',7	272',2
Biréfringences calculées........	54',2	108',3	162',2	215',0	(272',2)

La règle d'additivité est donc nettement en défaut, les points représentant les valeurs de β observées se placent très régulièrement sur une courbe convexe vers l'axe des concentrations et, par suite, nettement au-dessous de la droite théorique.

Quand on mélange de l'alcool au nitrobenzène, la biréfringence s'écarte de la valeur théorique dans le même sens que précédemment; l'écart est seulement un peu moindre : un mélange pour lequel $\frac{c}{c_m} = 0,514$ donne une biréfringence de 101', alors que la valeur calculée serait 139'. Dans ce cas, comme dans le précédent, tout se passe comme si la biréfringence spécifique du nitrobenzène *diminuait* par l'addition d'un diluant inactif. Enfin, dans le cas des mélanges avec l'acétone ou le dibromure d'éthylène, corps faiblement actifs, les points représentatifs de la biréfringence se mettent encore tout aussi nettement au-dessous de la droite théorique.

D'autre part, nous avons fait des mélanges de *naphtalène monobromé* α (corps à peu près aussi actif que le nitrobenzène lui-même) avec du tétrachlorure de carbone. Cette fois, les écarts avec la loi d'additivité sont beaucoup moindres, mais ils sont cependant supérieurs aux erreurs d'expérience. Pour les fortes concentrations en corps actif, ces points sont nettement *au-dessus* de la droite théorique. L'addition du cyclohexane, corps également inactif, au naphtalène monobromé donne encore à la biréfringence du mélange une valeur très nettement supérieure à la valeur calculée.

Enfin, le mélange à volumes sensiblement égaux de nitrobenzène et de naphtalène monobromé, corps tous deux actifs, a donné une biréfringence de 262′,8, alors que la valeur calculée était 270′,7.

Au point de vue pratique, ces résultats montrent qu'on ne peut pas appliquer rigoureusement à la biréfringence magnétique d'un mélange la règle d'additivité; ils montrent aisément comment et dans quelle mesure la biréfringence des solutions peut nous renseigner sur la biréfringence spécifique des corps dissous.

Au point de vue théorique, comment ces faits s'expliquent-ils dans la théorie de l'orientation? On peut admettre ou bien que les éléments orientables eux-mêmes sont modifiés, ou bien qu'en présence d'un diluant ils ne s'orientent pas de la même façon que quand le corps est pur (1).

On retrouve ici les deux théories qui ont été proposées pour rendre compte des cas très nombreux où les propriétés des mélanges ne sont pas additives: la théorie qu'on peut appeler chimique (défendue, par exemple, par Dolezalek) et la théorie qui se rattache aux travaux de Van der Waals (Timmermans).

Remarquons que l'étude de la biréfringence magnétique des mélanges pourra permettre, dans certains cas, de savoir si la première théorie suffit à expliquer les faits expérimentaux. On choisirait un liquide doué à la fois d'une biréfringence magnétique notable et du pouvoir rotatoire naturel; on lui ajouterait en proportions variables un diluant inactif vis-à-vis de ces deux propriétés; et l'on mesurerait parallèlement les deux phénomènes. On voit sans peine que, si la première théorie est suffisante, il y aura une relation simple entre les courbes représentant,

(1) Dans la première hypothèse, il y aurait formation de complexes mixtes de composition définie en proportion variable avec la concentration, ou destruction d'associations moléculaires préexistant dans les liquides purs; dans la seconde, l'orientation d'une molécule donnée dépendrait non seulement du champ extérieur, mais des diverses molécules voisines.

avec des coordonnées convenablement choisies, les deux grandeurs mesurées. Le choix de la biréfringence magnétique et du pouvoir rotatoire dans l'étude de la constitution des mélanges liquides apporte ici une simplification évidente : dans l'un et l'autre cas, on connaît des diluants inactifs par eux-mêmes.

PHYSIQUE. — *Simplification des raies spectrales par le champ magnétique.* Note de M. **R. Fortrat**, présentée par M. E. Bouty.

L'action du champ magnétique sur l'émission de la lumière qu'on croyait, au début, remarquablement simple, a donné des résultats de plus en plus compliqués : tandis que le triplet normal se rencontrait rarement, les effets complexes devenaient de plus en plus nombreux.

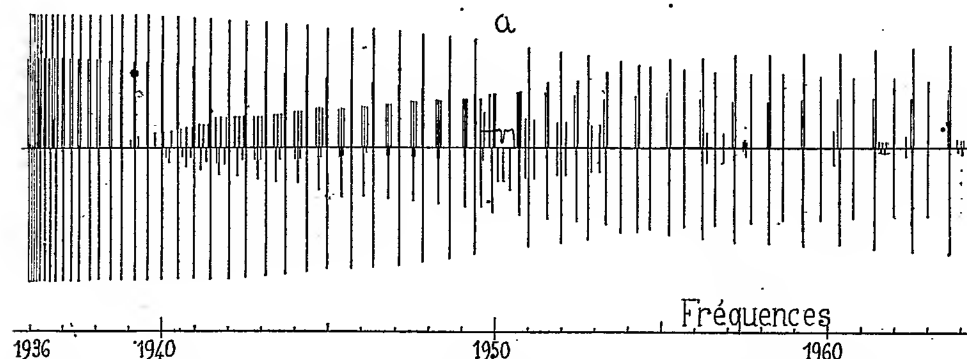
Il semble maintenant que l'emploi de champs très élevés nous conduise au contraire à une plus grande simplicité. D'une part, en effet, le triplet normal a repris une importance fondamentale à la suite de la découverte récente de Paschen et Back; d'autre part, des raies naturellement complexes sont ramassées par le champ magnétique en une raie unique non décomposée. C'est de ce dernier effet que je vais donner un certain nombre d'exemples.

Wendt (1) a montré que, dans un champ magnétique élevé, le satellite — 0,232 de la raie 5461 du mercure disparaît. Wali-Mohammed (2) a également trouvé de remarquables simplifications sur les satellites des raies 4722 du bismuth et 5086 du cadmium, mais les simplifications les plus remarquables ont été décrites par Michelson (3). Les raies 5782,3 du cuivre et 5340 du manganèse, toutes deux multiples, *donnent une raie simple* non polarisée dans un champ magnétique assez intense.

J'ai étudié l'action du champ magnétique sur des spectres de bandes et j'y ai constaté la simplification d'un grand nombre de raies naturellement multiples. On sait que quelques spectres de bandes subissent dans le champ magnétique une décomposition accompagnée de polarisation plus ou moins complète, mais la plupart sont insensibles aux champs qu'on a employés jusqu'ici. J'ai pu opérer, au laboratoire de M. P. Weiss, avec des champs plus considérables qui ont déplacé la plupart des raies des bandes sans les décomposer ni les polariser. Cet effet reste néanmoins minime et son étude est pénible. Par contre, on observe aisément des simplifications; je vais en décrire quelques-unes que j'ai obtenues dans un champ de 40000 gauss.

(1) Wendt, *Ann. der Physik*, t. XXXVII, 1912, p. 535.
(2) Wali-Mohammed, *Ann. der Physik*, t. XXXIX, 1912, p. 225.
(3) Michelson, *Nature*, t. LIX, 1899, p. 440.

La bande verte du carbone est une des mieux connues ([1]), je ne rappellerai pas sa description, mais j'en donne seulement un dessin. Elle se compose d'une série de doublets nettement séparés seulement au voisinage de



Cette figure représente la bande verte du carbone ($\lambda = 5165$) dessinée dans l'échelle des fréquences, la partie supérieure est la bande sans champ magnétique, la partie inférieure la même bande émise dans un champ de 40000 gauss. La longueur des raies représente leur intensité.

la tête, et d'une série de triplets qui se resserrent aussi en s'écartant de la tête. *Le champ magnétique fait de tous les doublets des raies simples et les triplets sont aussi réduits à une raie simple* quand ils sont assez étroits (fréquence supérieure à 1949). Dans les triplets plus écartés, la composante centrale est renforcée tandis que les composantes latérales se rapprochent d'elle en devenant d'autant moins intenses et d'autant moins nettes que le triplet est plus serré. Il est certain qu'un champ plus intense les rendrait tout à fait simples.

Dans la série de doublets il manque un terme, et j'ai déjà attiré l'attention sur la perturbation qui se trouve précisément à cet endroit : au lieu du doublet on voit en *a* un grand nombre de raies que mon spectrographe ne sépare pas et dont j'ai essayé de représenter l'intensité par une courbe sur le dessin ($n = 1950,3$). *Le champ magnétique rassemble toutes ces raies en trois* dont une occupe à peu près la position de la raie absente mais avec une intensité trop faible qui deviendrait probablement normale dans un champ plus intense.

([1]) Kayser et Runge, *Abhandl. Berl. Akad.*, 1889. — Thiele, *Astroph. Journ.*, t. VIII, 1898, p. 1. — Leinen, *Zeitsch. für wiss. Phot.*, t. III, 1905, p. 137. — Fortrat, *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 1153. — Rudolf Komp, *Zeitsch. für wiss. Phot.*, t. X, 1911, p. 117.

([2]) Deslandres, *Comptes rendus*, t. 103, 1886, p. 375.

La bande bleue du spectre de Swan ($\lambda = 4737$) a ses raies réparties comme celles de la bande verte, mais elles sont beaucoup moins nettes, la plupart sont floues ou multiples, *le champ les rend toutes fines et simples*, pourtant il ne déplace pas la raie 4731,8 éloignée d'un demi-angström de sa position régulière.

J'ai étudié également le spectre du pôle négatif de l'azote. Il a été obtenu en faisant éclater une décharge électrique convenable entre deux tiges de cuivre. Le champ déplace une partie des raies, mais surtout les rend plus fines et produit un certain nombre de simplifications dont je citerai deux exemples typiques.

La bande $\lambda = 3159$ (deuxième groupe positif) contient plusieurs séries de raies simples; dans l'une d'elles, la raie $\lambda = 3141,7$ est accidentellement double, ses deux composantes, moins intenses, à 0,05 angström l'une de l'autre, sont *ramenées en coïncidence* par le champ et *l'intensité devient normale*.

La bande $\lambda = 4709$ (groupe négatif) contient une série de doublets dont l'écart en fonction du numéro d'ordre varie plus régulièrement dans le champ que sans lui, mais cet effet est peu de chose à côté de ceux que j'ai cités précédemment.

Ce phénomène de régularisation par le champ paraît assez général dans les spectres de bandes. Il n'est pas certain qu'il résulte d'une action directe du champ; son existence est néanmoins remarquable et il peut faciliter l'étude théorique des spectres qu'il simplifie, mais on ne peut le produire que dans des cas spéciaux, lorsque les groupes de raies sur lesquels il agit sont assez resserrés; dès qu'ils sont un peu écartés, les moyens dont nous disposons cessent d'être assez puissants pour agir.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur les phénomènes optiques présentés par les rayons de Röntgen rencontrant des milieux cristallins*. Note de MM. **M. de Broglie** et **F.-A. Lindemann**, présentée par M. E. Bouty.

En dirigeant sur un cristal un faisceau circulaire de rayons de Röntgen sous une incidence de 70° à 85°, on obtient des images de réflexion qui sont souvent striées de franges [1], les photographies publiées dans les *Comptes rendus* du 14 avril 1913 en donnent des exemples très nets.

---

[1] *Comptes rendus*, 14 avril 1913.

Nous nous sommes proposé de rechercher la cause de ce phénomène. Trois explications semblent pouvoir être mises en avant :

1. Les franges peuvent être les différentes lignes d'un spectre.

Cette explication paraît devoir être rejetée; la tache de réflexion régulière qui devrait être blanche, c'est-à-dire non dispersée, présentant elle-même des franges. Sur une plaque photographique disposée perpendiculairement au plan d'incidence et au plan de réflexion un premier groupe intense d'images est disposé sur un cercle passant par la tache de réflexion régulière; la disposition des franges dans les images de ce cercle n'est aucunement conforme à ce qu'elle devrait être dans l'hypothèse que nous examinons; nous verrons plus loin (§ 4) qu'un effet de dispersion peut exister mais que ce n'est pas là qu'il faut le chercher.

2. M. Hupka (1) a proposé d'expliquer les franges par un phénomène d'interférence entre les rayons réfléchis successivement sur une série de plans réticulaires parallèles à la face réfléchissante; ces interférences se font, ou non, avec extinction, suivant la valeur de l'angle d'incidence et, comme pratiquement le faisceau est toujours un peu divergent, il en résulterait des lignes brillantes ou obscures.

On pourrait dire, d'une façon plus générale, que, dans la théorie de la diffraction par les réseaux à trois dimensions, donnée par M. Laue, les équations qui fournissent les cosinus directeurs d'un maximum principal sont, en général, incompatibles pour un angle d'incidence donné; elles peuvent devenir compatibles en faisant varier légèrement cet angle d'incidence, ce qui entraîne l'existence de franges dans les images fournies par un faisceau un peu divergent.

Théoriquement, le phénomène d'interférence dont il s'agit doit en effet se produire; il ne semble pas cependant que les franges observées lui soient généralement attribuables; la difficulté d'obtenir des faisceaux rigoureusement coniques, partant d'un foyer bien défini sur l'anticathode, rend incertaine l'interprétation des résultats; nous avons souvent observé deux types différents de franges; l'un d'eux, présentant des lignes nombreuses et serrées, pourrait correspondre à ce phénomène.

3. Les franges peuvent être dues à des réflexions sur des plans de clivage,

(1) *Verh. d. d. phys. Ges.*, t. XV, 1913, p. 164.

plus ou moins amorcés, existant accidentellement dans le cristal. Si l'on fait la construction géométrique qui donne les dispositions relatives des franges dans cette hypothèse, on retrouve bien les résultats expérimentaux; la régularité, souvent observée dans l'espacement des franges, peut provenir de strates existant normalement dans les cristaux, forcément assez gros (fluorine, sel gemme), qui ont été employés.

L'écartement des franges dans l'image de réflexion régulière doit être égale à deux fois la distance des plans réfléchissants; elle a donc, comme limite supérieure, le double de l'épaisseur du cristal employé. En fait, cette condition nous a toujours paru remplie. Nous inclinons à rapporter à cette dernière explication le second type de franges à raies larges et peu nombreuses.

4. La condition de réalité, exprimant que la somme des carrés des cosinus directeurs d'un maximum principal est égale à l'unité s'écrit, pour un cristal cubique dont l'arête élémentaire est égale à a,

$$\frac{\lambda}{a} = f(h_1, h_2, h_3, \omega),$$

h_1 et h_2 étant les paramètres entiers relatifs aux axes de la face réfléchissante et h_3 le paramètre entier relatif à l'axe perpendiculaire.

Dans le paragraphe 2, nous avons vu qu'on peut obtenir des franges en faisant varier ω dans cette expression et en supposant $\frac{\lambda}{a}$ constant. On peut aussi supposer ω constant et λ variable, ce qui conduit à prévoir des franges de dépression ou, tout au moins, si leur empiètement les empêche d'être nettes, un allongement des images; les photographies paraissent montrer un effet de ce genre.

On peut ajouter que, dans le cas de certains cristaux absorbants, tels que la phosgénite (chlorocarbonate de plomb appartenant au système du prisme droit à base carrée), les diagrammes expérimentaux de réflexion sur la base carrée paraissent pouvoir se déduire uniquement du réseau superficiel de cette base. Les couches profondes, n'interférant plus avec les rayons superficiels, permettent l'existence de spectres complets qui correspondraient aux taches allongées des photographies.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le calcul des chaleurs latentes de vaporisation.* Note (1) de M. L. Gay, présentée par M. A. Haller.

La formule classique de Clapeyron

$$(u_1 - u_2)\,dP = \frac{EL}{T}\,dT$$

u_1 et u_2, volumes moléculaires respectifs de la vapeur et du liquide;
P, tension de vapeur;
L, chaleur moléculaire de vaporisation;
T, température absolue,

permet de calculer L quand on connaît la courbe de tensions de vapeur ainsi que les densités du liquide et de sa vapeur saturante.

Leduc (2) propose de calculer le volume de la vapeur à l'aide de sa formule empirique (3). Cette méthode ne peut être appliquée que pour des tensions de vapeur de quelques atmosphères au plus; elle exige, de plus, la connaissance de la densité du liquide.

Nernst (4) a donné la relation générale

$$\left(1 - \frac{P}{\pi}\right) d \log P = \frac{EL}{RT^2}\,dT \qquad (\pi = \text{pression critique}).$$

La formule de Clapeyron peut être mise sous la forme

$$\left(\frac{Pu_1}{RT} - \frac{Pu_2}{RT}\right) d \log P = \frac{EL}{RT^2}\,dT.$$

Amagat (5) a montré que les courbes donnant, pour les divers corps $\frac{Pu_1}{T}$ et $\frac{Pu_2}{T}$, en fonction de la pression réduite $\frac{P}{\pi}$, concordent sensiblement. Dans les cas où la concordance n'est qu'approchée, l'écart est dans le même sens pour chacune des deux branches (correspondant au liquide et à sa vapeur) des courbes considérées.

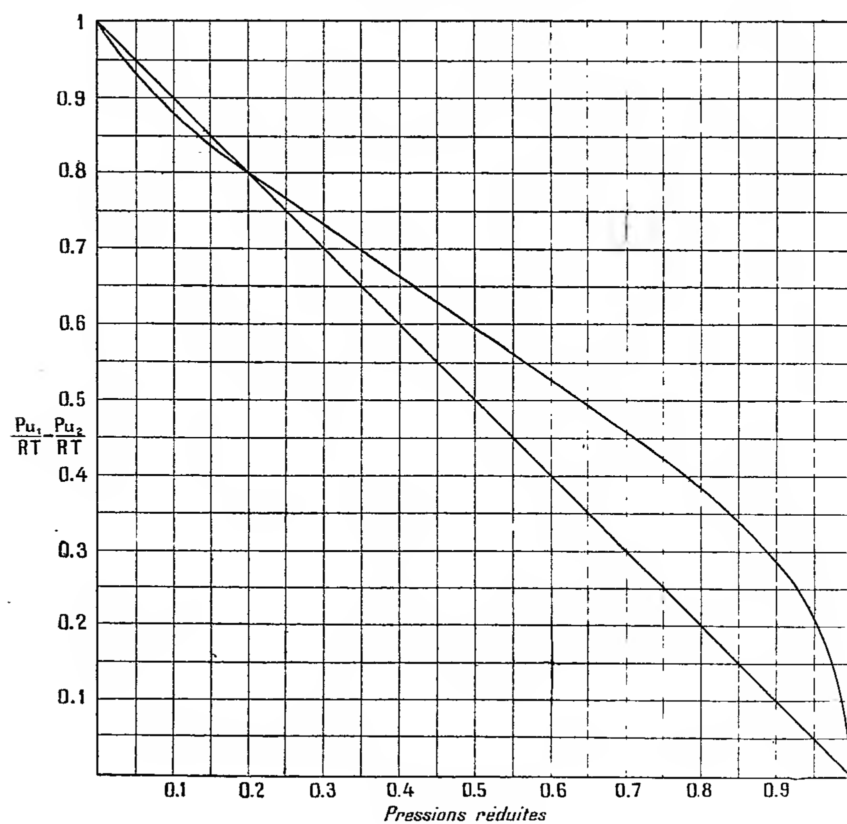
La concordance des courbes donnant, pour les divers corps, $\frac{Pu_1}{RT} - \frac{Pu_2}{RT}$ sera donc meilleure que celle des courbes d'Amagat.

J'ai calculé les valeurs de $\frac{Pu_1}{RT} - \frac{Pu_2}{RT}$ en fonction de $\frac{P}{\pi}$ en me servant des déterminations de Young (6) sur le fluorobenzène.

---

(1) Présentée dans la séance du 28 avril 1913.
(2) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 225.
(3) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. XIX, 1910, p. 441.
(4) *Traité de Chimie générale*, Ire Partie, p. 311.
(5) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 271 et 843.
(6) *Sc. proc. R. Dub. Soc.*, (n. s.), t. XII, p. 414.

J'ai obtenu le Tableau suivant que j'ai représenté par un graphique :



$\frac{P}{\pi}$.	$\frac{Pu_1}{RT}$.	$\frac{Pu_2}{RT}$.	$\frac{Pu_1}{RT}-\frac{Pu_2}{RT}$.
0,01902	0,97483	0,00296	0,97187
0,03471	0,96448	0,00526	0,95922 [1]
0,05865	0,93310	0,00870	0,92440
0,09353,5	0,89814	0,01364	0,88450
0,14240	0,86158	0,02005	0,84153
0,20659	0,81762	0,02961	0,78801
0,29190	0,76976	0,04198	0,72778
0,39956	0,71605	0,05822	0,65783
0,53553	0,64836	0,08025	0,56811
0,70654	0,56427	0,11225	0,45202
0,92052	0,42730	0,16924	0,25806
1			0

[1] Cette valeur est trop forte; elle donne, sur le graphique, un point s'écartant légèrement de la courbe régulière représentant l'ensemble des résultats.

Le terme $1 - \frac{P}{\pi}$ de Nernst est représenté par une droite. Les deux graphiques se coupent pour $\frac{P}{\pi} = 0,225$. Pour les valeurs de $\frac{P}{\pi}$ inférieures à 0,225 le terme de Nernst est donc trop fort sans que l'écart des deux graphiques soit grand.

Cela explique que la correction de Nernst soit, en première approximation, suffisante pour $\frac{P}{\pi}$ inférieur (ou peu supérieur) à 0,225.

Au delà l'écart devient bientôt considérable. J'ai effectué les mêmes calculs pour l'isopentane, $SnCl^4$, CH^3OH d'après les données de Young (*loc. cit.*) et CO^2, d'après Amagat pour les densités, et Villard (¹) pour les tensions de vapeur.

Sauf pour CH^3OH, dont la courbe est sensiblement trop basse, les résultats concordent, pour le terme $\frac{Pu_1}{RT} - \frac{Pu_2}{RT}$, à 0,01 près.

Je crois donc que, sauf pour les corps nettement polymérisés, la méthode de calcul précédente pourra avoir quelque utilité.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les phosphures d'hydrogène solides.* Note de M. **Louis Hackspill**, présentée par M. H. le Chatelier.

La découverte du premier phosphure d'hydrogène solide date de 1835 et est due à Le Verrier. Paul Thénard lui attribua la formule brute P^2H qui lui a été conservée par les différents chimistes qui ont repris l'étude de ce corps (²).

On le prépare généralement par la décomposition du phosphure liquide, très instable, P^2H^4. MM. Stock, Böttcher et Lenger (³) ont beaucoup amélioré la technique de leurs prédécesseurs, en faisant passer sur un corps poreux soluble (chlorure de calcium desséché) le mélange de PH^3 et de P^2H^4, obtenu par l'action de l'eau à 60° sur le phosphure de calcium. Par dissolution du corps poreux, on obtient le phosphure solide très divisé, qu'on peut rassembler en centrifugeant, laver à l'alcool, à l'éther,

---

(¹) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 7ᵉ série, t. X, 1897, p. 387.

(²) Rose, *Ann. Chim. et Phys. Pogg.*, 1828, p. 543. — Besson, *Comptes rendus*, t. 111, 1890, p. 972. — Rudorff, *Ann. Chim. et Phys. Pogg.*, 1860, p. 473. — P. Jolibois, Thèse, 1910. — Schenck, *Ber.*, t. XXXVI, 1903, p. 979.

(³) Stock, Böttcher et Lenger, *Ber.*, t. XLII, 2, 1909, p. 2839.

et sécher dans le vide. Il se présente alors sous l'aspect d'une poudre jaune clair, amorphe, ayant au microscope un aspect spongieux.

La moyenne de nombreuses analyses a donné une proportion d'hydrogène et de phosphore assez voisine de celle exigée par la formule P^2H.

S'appuyant sur le travail de Schenck et Buck (1) (cryoscopie dans le phosphore blanc) les auteurs de ce mode de préparation proposent d'adopter la formule $P^{12}H^6$ qui a en outre l'avantage d'exprimer plus simplement la production à 175° d'un second phosphure solide P^9H^2 (2) corps jaune orangé que l'ammoniac dissout sans décomposition tandis qu'il ramène $P^{12}H^6$ à l'état P^9H^2 avec dégagement de phosphure gazeux.

La question en était là lorsque j'obtins, en collaboration avec M. R. Bossuet (3), les quatre phosphures alcalins de formule P^5M^2. Ces corps, traités par l'acide chlorhydrique, ou mieux par l'acide acétique, très étendus, donnent, avec un faible dégagement gazeux, un phosphure d'hydrogène jaune clair dont la composition correspond à la formule P^5H^2, comme le montrent les trois analyses suivantes :

		Volume d'H à 0° et 760mm.		
			Exigé pour :	
Prise.	Résidu.	Trouvé.	P^5H^2.	$P^{12}H^6$.
		cm³	cm³	cm³
0,2125	0,0029	29,75	29,78	37,12
0,1555	0,0031	20,9	21,65	26,99
0,2015	0,0045	28,4	27,99	34,88

D'autre part, le phosphure préparé par la méthode de Stock, chauffé dans le vide à 80°, fournit d'abord un rapide dégagement de phosphure gazeux, qui se ralentit au bout de quelques heures lorsque le corps restant dans la nacelle correspond sensiblement à la formule P^5H^2.

Tous ces faits démontrent l'existence du phosphure P^5H^2, sorte d'acide donnant les phosphures métalliques de formule correspondante P^5K^2, P^5Rb^2, etc.

Par contre, l'existence de P^2H ou, si l'on veut, de $P^{12}H^6$, semble incertaine. Cette formule a été établie par l'analyse du produit de la décomposition de P^2H^4; or on sait que ce phosphure liquide dissout avec facilité le phosphure solide, il semble permis de considérer comme probable l'existence du phénomène inverse. Une petite quantité de phosphure liquide, retenue par P^5H^2, serait de ce fait stabilisée comme la nitroglycérine fixée

(1) SCHENCK et BUCK, *Ber.*, t. XXXVII, 1, 1904, p. 915.
(2) STOCK, BÖTTCHER et LENGER, *Ber.*, t. XLII, p. 2847.
(3) HACKSPILL et BOSSUET, *Comptes rendus*, t. **154**, 1912, p. 209.

sur un corps poreux, et l'ensemble donnerait à l'analyse un volume d'hydrogène voisin de celui exigé par la formule P^4H^2.

Quant à la cryoscopie dans le phosphore blanc, ses résultats sont fort discutables, non seulement en raison des difficultés expérimentales qui sont grandes, mais surtout parce qu'il paraît peu vraisemblable que $P^{12}H^6$ existe en solution dans le phosphore; il est plus naturel d'admettre qu'il se combine à son solvant pour former P^9H^2, corps plus stable, décrit par Stock.

J'ajouterai que j'ai obtenu, en collaboration avec M. R. Bossuet, une série de phosphures métalliques correspondant à l'acide P^5H^2 et obtenus au moyen des phosphures alcalins.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'acide phényl-α-oxycrotonique; sa préparation; nouvelle isomérisation.* Note de M. **J. Bougault**, présentée par M. A. Haller.

Deux procédés ont été proposés jusqu'ici pour la préparation de l'acide phényl-α-oxycrotonique $C^6H^5.CH = CH.CHOH.CO^2H$:

1° Le procédé de Fittig [1], consistant dans le traitement à froid de la solution éthérée du nitrile phényl-α-oxycrotonique par l'acide chlorhydrique concentré.

2° Le procédé d'Erlenmeyer [2], où le point de départ est l'acide benzalpyruvique $C^6H^5.CH = CH.CO.CO^2H$ qu'on hydrogène par l'amalgame de sodium. Du mélange des divers acides, formés simultanément dans cette hydrogénation, on peut retirer l'acide cherché par l'intermédiaire de sa lactone iodée, ainsi que je l'ai indiqué [3]. Ni l'un ni l'autre procédé ne donne de rendements très avantageux.

Ayant besoin d'une grande quantité d'acide phényl-α-oxycrotonique pour un travail que je poursuis en ce moment, je me suis attaché à améliorer sa préparation.

I. Comme matière première, j'ai choisi l'amide correspondant, qu'on obtient aisément en suivant les indications que j'ai données récemment [4].

---

(1) *Liebig's Annalen*, t. CCXCIX, 1898.
(2) *Berichte d. d. chem. Gesell.*, t. XXXVI, 1903, p. 2528.
(3) J. Bougault, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. XIV, 1908, p. 179.
(4) J. Bougault, *J. de Pharm. et de Chim.*, 7e série, t. VI, 1912, p. 337.

Cet amide se saponifie avec la plus grande facilité, aussi bien par les alcalis que par les acides. Toute la difficulté de la préparation de l'acide phényl-α-oxycrotonique tient à sa facile isomérisation, soit en acide benzylpyruvique $C^6H^5.CH^2.CH^2.CO.CO^2H$ sous l'action des alcalis caustiques, soit en acide benzoylpropionique $C^6H^5.CO.CH^2.CH^2.CO^2H$ sous l'action des acides forts.

Mes recherches ont donc eu pour objet de trouver un alcali ou un acide assez énergique pour effectuer la saponification de l'amide, mais pas assez puissant pour produire l'isomérisation. Je suis arrivé au but dans les deux directions et avec un succès particulier au moyen des acides.

Je résume brièvement les résultats obtenus.

II. Lorsqu'on porte à l'ébullition l'amide phényl-α-oxycrotonique avec une solution aqueuse de carbonate ou de bicarbonate alcalin, le dégagement d'ammoniac commence aussitôt, mais persiste très longtemps. Si l'on attend que tout l'ammoniac soit dégagé, on ne trouve plus d'acide phényl-α-oxycrotonique, mais divers acides parmi lesquels domine l'acide benzylpyruvique.

Si l'on arrête l'ébullition au bout de 30 à 40 minutes, on trouve une assez forte proportion d'acide phényl-α-oxycrotonique qu'on isole du mélange des divers acides présents en le convertissant en lactone iodée (voir plus haut).

On peut ainsi obtenir, en acide cherché, 30 à 40 pour 100 de l'amide employé.

III. Les acides conduisent plus aisément à de meilleurs résultats.

Les acides oxalique et phosphorique, que j'ai particulièrement étudiés, saponifient rapidement l'amide phényl-α-oxycrotonique sans produire d'isomérisation importante dans le temps nécessaire à la saponification.

Si, par exemple, on porte à l'ébullition, pendant une heure, 200^{cm^3} d'eau, 15^g d'acide oxalique et 10^g d'amide phényl-α-oxycrotonique, on obtient par refroidissement un abondant précipité de l'acide cherché, qu'il suffit de séparer, par l'éther, de l'oxalate d'ammonium déposé en même temps. On le purifie par cristallisation dans un mélange d'éther et de benzine. Les rendements atteignent 80 pour 100.

IV. Au cours de ces recherches, j'ai isolé un acide assez intéressant, de formule $C^{10}H^{10}O^3$, qui résulte d'une nouvelle isomérisation de l'acide phényl-α-oxycrotonique.

D'après mes premières observations, il paraît répondre à la constitution $C^6H^5.COH = CH.CH^2.CO^2H$.

Il serait ainsi la forme énolique de l'acide benzoylpropionique $C^6H^5.CO.CH^2.CH^2CO^2H$. Il se transforme d'ailleurs aisément en ce dernier acide, sous l'action des alcalis caustiques et des acides forts.

Le nouvel acide $C^{10}H^{10}O^3$ est cristallisé; il fond à 91°. Il est assez soluble dans l'eau, très soluble dans l'alcool, l'acétone, l'éther, un peu soluble dans le chloroforme et le benzène chauds, insoluble dans l'éther de pétrole.

Je continue l'étude de cet intéressant composé.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le 1-benzoyl-2-phényl-Δ_2-cyclopentène.* Note de M. **Édouard Bauer**, présentée par M. A. Haller.

Dans une précédente Communication [1] nous avons montré que le dibenzoylbutane-1.4 se cyclisait sous l'influence de l'alcoolate de sodium avec élimination de 1^{mol} d'eau et formation de 1-benzoyl-2-phényl-Δ_1-cyclopentène fondant à 53° et de 1-benzoyl-2-phényl-Δ_2-cyclopentène fondant à 98°. Cette même réaction peut s'obtenir également sous l'influence condensante de l'amidure de sodium.

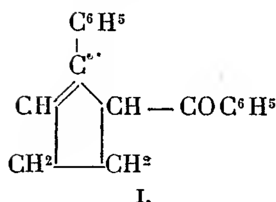
Quand on ajoute à une solution de dibenzoylbutane (1^{mol}) dans le benzène anhydre, 1^{mol} d'amidure de sodium finement pulvérisé et qu'on porte le mélange à l'ébullition, on constate un dégagement d'ammoniac correspondant à $\frac{4}{5}$ de molécule. On verse alors le produit de réaction sur de la glace, on décante la solution benzénique qu'on lave convenablement, on chasse le solvant au bain-marie et l'on distille le résidu sous pression réduite. La majorité du produit passe à 220°-225° sous 16^{mm}. A la fin de la distillation, le thermomètre atteint 250°, température à laquelle passe une petite quantité de dicétone inaltérée. La fraction 220°-225° ne tarde pas à cristalliser et l'on arrive par des cristallisations répétées à la séparer en les deux benzoylphénylcyclopentènes isomères fondant respectivement à 53° et 98°.

Étude du 1-benzoyl-2-phényl-Δ_2-cyclopentène fondant à 98°. — Si la constitution que nous avons attribuée au produit fondant à 98° est exacte (formule I), nous pouvons comparer cette cétone à une acétophénone dialcoylée et, comme telle [2], elle doit pouvoir donner naissance en présence d'amidure de sodium à un dérivé sodé susceptible de réagir à son tour

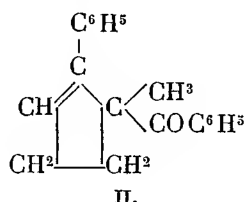
[1] *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 288.

[2] A. Haller et Éd. Bauer, *Comptes rendus*, t. 148, 1909, p. 70, et *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. XXVIII, 1913, p. 373.

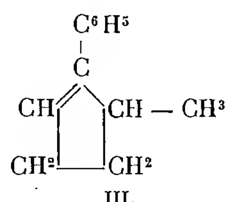
sur les iodures alcooliques (en particulier sur l'iodure de méthyle) avec formation d'un dérivé C alcoylé (formule II)



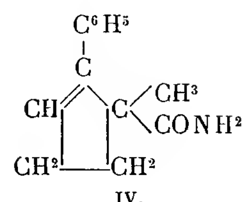
I.



II.



III.



IV.

Enfin cette nouvelle cétone alcoylée, ne possédant plus d'atomes d'hydrogène substituables fixés sur les carbones situés en α du groupement cétonique, doit réagir sur l'amidure de sodium comme une trialcoylacétophénone (1). Il devra donc se produire dans cette réaction une rupture de la chaîne carbonée à côté du groupe CO, avec formation soit de 1-méthyl-2-phényl-Δ_2-cyclopentène (formule III) et d'amide benzoïque, soit de benzène et d'amide de l'acide 1-méthyl-2-phényl-Δ_2-cyclopentène-1-carbonique (formule IV). L'expérience a entièrement confirmé ces prévisions.

Méthylation du 1-*benzoyl*-2-*phényl*-Δ_2-*cyclopentène :*

Le benzoylphénylcyclopentène (5g), dissous dans du benzène anhydre (50g) et traité par 1mol d'amidure de sodium (1g), donne après 2 heures d'ébullition un dégagement correspondant à $\frac{4}{5}$ de molécule d'ammoniac. L'amidure se dissout lentement et la solution devient parfaitement limpide et à peine colorée. En décomposant le dérivé sodé par de la glace, nous avons régénéré 4g,7 de la cétone primitive fondant à 98°. Dans ces conditions, l'amidure n'opère donc pas de transposition moléculaire ni de migration de double liaison.

Dans une seconde expérience, 12g de cétone ont été sodés au sein de 100g de benzène par 2g d'amidure de sodium, puis nous avons ajouté 10g d'iodure de méthyle. L'iodure de sodium se dépose rapidement. On verse le produit de réaction dans de l'eau, on lave convenablement la solution benzénique, on distille le benzène et l'on rectifie l'huile restante sous pression réduite. On obtient ainsi 10g,7 d'un liquide passant de 223°-224° sous 23mm, dont l'analyse conduit à la formule $C^{19}H^{18}O$ du 1-méthyl-1-benzoyl-2-phényl-Δ_2-cyclopentène (formule II). Il se présente sous la forme d'une huile épaisse, ne cristallisant pas, décolorant instantanément une solution chloroformique de brome et réduisant le permanganate de potasse à froid.

Action de l'amidure de sodium sur le 1-*méthyl*-1-*benzoyl*-2-*phényl*-Δ_2-*cyclo*-

(1) A. Haller et Ed. Bauer, *Comptes rendus*, t. 148, 1909, p. 127.

pentène. — 10^g de cette cétone ont été traités par $2^g,5$ d'amidure de sodium au sein de 50^g de benzène. On n'observe pas de dégagement appréciable d'ammoniac. Le liquide prend une teinte rouge brun et, au bout de 2 heures d'ébullition, on voit des croûtes cristallines se déposer au fond du ballon. On décompose alors le produit de réaction en y ajoutant goutte à goutte de l'eau et on filtre le précipité cristallin qui se forme. La solution alcaline aqueuse, acidifiée, laisse déposer de petites quantités d'acide benzoïque fondant à 121°. Les cristaux séparés de la solution benzénique se déposent par cristallisation dans le benzène bouillant sous la forme de fines aiguilles fondant à 162°-165°. A côté de ce produit nous avons réussi à isoler de petites quantités d'amide benzoïque fondant à 127°.

La solution benzénique, séparée des cristaux, a été convenablement lavée, puis on a chassé le benzène au bain-marie et l'on a distillé le résidu sous pression réduite. Il passe de 114° à 118° sous 20^{mm} un liquide limpide, très mobile, à forte odeur de carbure et il ne reste qu'un faible résidu au fond du ballon.

L'analyse du produit fondant à 165° conduit à la formule $C^{13}H^{15}ON$, qui est celle de l'*amide-1-méthyl-2-phényl-Δ_2-cyclopentène-1-carbonique* (formule IV). Cette amide s'obtient par refroidissement de sa solution benzénique en fines aiguilles fondant à 165°, insolubles dans l'éther, peu solubles dans le benzène à froid, solubles dans l'eau ammoniacale à chaud, décolorant une solution chloroformique de brome et réduisant le permanganate de potasse. Le liquide distillant de 114° à 118° sous 20^{mm} bout après rectification à 116°-117° sous 20^{mm} et répond à la formule $C^{12}H^{14}$ du *1-méthyl-2-phényl-Δ_2-cyclopentène* (formule III). C'est un liquide très mobile, très volatil, à odeur pénétrante, décolorant instamment l'eau de brome et réduisant rapidement à froid une solution aqueuse de permanganate de potasse.

Comme nous venons de le voir, l'amidure de sodium réagissant sur le 1-benzoyl-1-méthyl-1-phényl-Δ_2-cyclopentène au sein du benzène a scindé cette cétone en partie en 1-méthyl-2-phényl-Δ_2-cyclopentène et amide benzoïque par rupture de la chaîne entre le groupe cétonique et le groupe cyclopentène, et en partie en benzène et amide 1-méthyl-2-phényl-Δ_2-cyclopentène-1-carbonique par rupture de la chaîne entre le groupe cétonique et le groupe phénylique.

MINÉRALOGIE. — *Sur la présence de bandes calcaires dans la partie suisse du massif des Aiguilles-Rouges.* Note de M. **Maurice Lugeon** et M[lle] **Elisabeth Jérémine**, présentée par M. A. Lacroix.

Le massif des Aiguilles-Rouges constitue une des unités hercyniennes de la chaîne alpine. Les schistes cristallins, en général très redressés, supportent en discordance le Carbonifère stéphanien. Des venues granitiques coupent ici et là les vieilles roches d'aspect archéen. Il semble qu'un vaste batholite règne sous tout le massif. Une des apophyses considérables est connue depuis longtemps dans les environs de Vallorcine. Ailleurs se rencontrent de nombreux filons aplitiques.

Mais dans ce grand ensemble existe, çà et là, des calcaires signalés par quelques auteurs.

De Saussure mentionne de ces roches au bas du sentier d'Alesse (rive droite du Rhône); Fournet découvre plus tard des calcaires à idocrase entre Martigny et Vernayaz; Gerlach indique un autre affleurement à Itroz, dans la profonde coupure transversale du Trient; enfin Renevier décrit un quatrième gisement au-dessus de Branson (rive droite du Rhône). Nous avons pu retrouver, souvent avec beaucoup de difficultés, ces quatre gisements, mais l'étude que nous avons entreprise nous a révélé d'une part d'autres affleurements, et d'autre part nous avons cherché à connaître quelle était l'influence que pouvait avoir eue les roches ignées sur ces roches sédimentaires.

Les nouveaux affleurements reconnus s'alignent avec les anciens selon quatre bandes parallèles à la direction moyenne des schistes cristallins.

1. Un affleurement, situé sur le sentier de la Forclaz à Arpille, jalonne une bande méridionale.

2. Une longue bande, qui paraît ininterrompue et que nous avons suivie sur 4^{km} commence à Itroz et paraît devoir se joindre avec l'affleurement découvert par Fournet.

3. Deux affleurements alignés selon la direction des schistes cristallins, dans les hauteurs qui dominent la rive droite du Rhône, fixent la position d'une nouvelle bande.

4. Enfin l'affleurement du sentier d'Alesse serait l'amorce d'une bande septentrionale.

Ces bandes calcaires sont d'épaisseur variable. La plupart ne forment que des lentilles très étirées; celle d'Alesse n'a que 3^{m} d'épaisseur; celle qui

domine Branson 5^{m}. Seule celle d'Itroz est moins laminée, sa puissance peut dépasser 26^{m}.

En général, ces affleurements sont constitués par une alternance de bancs calcaires et de roches cristallines. A Itroz, on peut compter quatre bancs calcaires, neuf sur le sentier d'Alesse.

Ces calcaires sont en général laminés, marmorisés. Pour le moment nous nous sommes contentés d'examiner leur composition minéralogique, laissant pour une Note plus détaillée ce que nous montrera leur composition chimique et les transformations endomorphiques des roches éruptives encaissantes.

Dans ces gisements, du moins pour trois d'entre eux, la roche métamorphosée sédimentaire est en contact avec une aplite très riche en quartz. Les minéraux métamorphiques de ces marbres sont en général peu abondants et avec quelques différences individuelles pour chaque gisement. Nous avons reconnu : diopside, phlogopite, graphite, quartz, idocrase, orthose, sphène, grenat.

L'idocrase est incolore, négative. Elle se présente en grains arrondis très petits. Au-dessus du sentier d'Alesse elle est développée en grands cristaux de forme irrégulière, brisés et imprégnés de calcite. Ici elle a parfois une structure pœcilitique englobant les petits grains ronds de grenat. Ce grenat rose (grossulaire) se rencontre dans cette roche sous forme de grands cristaux irréguliers, également brisés et imprégnés de calcite. Le graphite forme de petits grains ou des lamelles hexagonales à bords arrondis. Le sphène est rouge, polychroïque, possédant très souvent la forme typique en toit.

Plus rarement, on rencontre des plagioclases acides, des chlorites (pennine et délessite), trémolite et zoïsite.

Tous ces minéraux sont répartis ordinairement sans aucun ordre apparent parmi les plages de calcite aux macles polysynthétiques, mais parfois ils forment des bandes, et si elles sont riches en graphite, le calcaire passe à une variété rubanée (Itroz).

Le fort écrasement des calcaires se traduit dans la structure cataclastique : les plages de calcite nagent dans les menus débris de ce même minéral, le quartz a une extinction onduleuse, et dans les calcaires étirés ils sont également étirés, allongés dans le sens de l'écoulement.

De ces faits révélés par l'examen sur place et par l'étude au microscope, on peut conclure à une contemporanéité des marbres et des schistes cristallins qui séparent et accompagnent leurs bancs, sans que l'on puisse préciser l'âge autrement que de dire qu'ils sont ante-carbonifères.

Mais un fait important paraît découler de l'alignement remarquable de ces bandes et lentilles sédimentaires. Jusqu'à ce jour les essais de subdivision tectonique de l'immense masse monoclinale de schistes cristallins du

massif des Aiguilles-Rouges ne pouvait se baser sur aucun argument plausible. La similitude de ces bancs calcaires, les uns avec les autres, nous autorise à croire qu'ils appartiennent à la même formation, et il y a des probabilités pour que ces bandes représentent des noyaux synclinaux. Les quatre bandes découvertes à ce jour limiteraient cinq anticlinaux de ce tronçon de la vieille chaîne.

Enfin, la présence de minéraux de contact dans ces marbres nous montre qu'ils sont plus anciens que la montée des roches ignées qui ont injecté le massif dans son ensemble.

Ainsi, peu à peu, se précise la nature encore bien obscure de ces fragments de la chaîne hercynienne compris dans les Alpes.

AGRONOMIE. — *Sur les bouillies fongicides mouillantes.*
Note de MM. **V. Vermorel** et **E. Dantony**, présentée par M. Müntz.

Dans une précédente Note (¹) nous avons fait connaître que les solutions de grande viscosité superficielle étaient susceptibles de mouiller les végétaux au même titre que celles de faible tension superficielle. Le mécanisme de la *mouillabilité* est bien connu pour les solutions de faible tension (loi de Clairaut); il l'est beaucoup moins pour celles de grande viscosité.

Nous avons observé que les liquides jouissant d'une grande viscosité superficielle se comportent, dans la couche extrêmement mince qui les sépare de l'atmosphère ou des parois des récipients, comme des liquides très visqueux, bien qu'ils soient, dans leur ensemble, parfaitement fluides; ils moussent facilement et donnent ainsi naissance à des lames liquides très minces et, par conséquent, très visqueuses. Ce sont ces propriétés qui permettent aux solutions de grande viscosité superficielle de mouiller les végétaux.

Si, en effet, on plonge une feuille de vigne dans une solution de grande viscosité superficielle, elle n'est pas mouillée (surtout si elle est pubescente); mais, si l'on pulvérise cette solution sur la feuille, les gouttes projetées s'aplatissent, se réunissent et forment une lame liquide extrêmement mince qui sèche, sans former de solution de continuité, parce qu'elle est très visqueuse. La feuille est mouillée.

Nous avons indiqué que la gélatine permettait d'obtenir des solutions de

(¹) *Comptes rendus*, 13 mai 1912.

grande viscosité superficielle et nous avons conseillé son addition aux bouillies cupriques pour les rendre mouillantes. Toutes les gélatines, à des doses variant entre 20g et 50g par hectolitre, peuvent être employées pour les verdets et pour les bouillies bordelaise ou bourguignonne acides.

Par contre, nous avons reconnu que, dans les bouillies bourguignonnes basiques, le carbonate de soude insolubilisait la gélatine (confirmation des travaux de MM. Lumière et Seyewetz) et réduisait ainsi la viscosité superficielle.

Dans les bouillies bordelaises alcalines, c'est la formation classique du biuret qui vient amoindrir la viscosité superficielle. Cependant pour ces bouillies, certaines gélatines, présentant une viscosité superficielle très grande, donnent un pouvoir mouillant suffisant; malheureusement, on ne connaît pas encore le moyen d'obtenir ces gélatines spéciales; jusqu'ici, leur production semble dépendre du hasard ou des accidents de fabrication.

En pratique, le viticulteur éprouve donc, à se les procurer, des difficultés insurmontables; aussi avons-nous cherché une substance peu coûteuse capable de les remplacer. Parmi les produits que nous avons essayés, la caséine nous a donné les meilleurs résultats.

Il suffit d'ajouter, à 1^{hl} de bouillie bordelaise alcaline, préparée à la façon ordinaire, de 20g à 50g de caséine préalablement dissoute dans un lait de chaux pour obtenir une bouillie très mouillante.

Dans une bouillie acide, la caséine s'insolubiliserait et ne serait d'aucune utilité.

En résumé, *toutes les bouillies cupriques peuvent être facilement et économiquement rendues mouillantes (pour la vigne) par l'addition :*

1° *De gélatine pour les bouillies à réaction acide;*

2° *De caséine pour les bouillies à réaction alcaline.*

AGRONOMIE. — *Évolution du soufre dans le sol; étude sur son oxydation.* Note de MM. **Ch. Brioux** et **M. Guerbet**, présentée par M. A. Müntz.

L'action fertilisante du soufre et son évolution dans le sol sont actuellement l'objet de recherches de la part d'un certain nombre d'expérimentateurs, en particulier de MM. Boullanger et Dugardin [1] et de M. Demolon [2].

(1) *Comptes rendus*, 5 février et 22 juillet 1912.

(2) *Comptes rendus*, 19 février 1912 et 3 mars 1913.

De notre côté, nous poursuivons depuis plusieurs mois des expériences ayant surtout pour but d'étudier l'évolution du soufre dans le sol. La Note que nous présentons aujourd'hui montre quelle est l'influence, sur l'oxydation du soufre, *de la nature du sol*, et de certaines substances hydrocarbonées ou azotées, ajoutées à la terre. Elle tend à prouver que cette oxydation est presque exclusivement d'ordre microbien.

I. Influence de la nature du sol et de l'addition de substances hydrocarbonées et azotées. — 1° *Terre de jardin, légère, silico-calcaire* (6 pour 100 de CO^3Ca) *et humifère.* — La terre, additionnée de 4 pour 1000 de soufre sublimé et de 5 pour 1000 des substances indiquées ci-dessous, est placée, par lots de 500g, dans des cuvettes plates de $20^{cm} \times 20^{cm}$; l'humidité est amenée à 20 pour 100 avec de l'eau distillée et les cuvettes, recouvertes d'une lame de verre pour modérer l'évaporation, sont maintenues à l'étuve à 25°.

Tous les 5 jours, on prélève 50g de terre et l'on y dose l'acide sulfurique. La terre restante est remaniée à la main, et tous les 2 ou 3 jours, le taux d'humidité est ramené à 20 pour 100.

	Après									
	5 jours.		10 jours.		15 jours.		20 jours.		30 jours.	
Nature des essais.	SO^3 par kg de terre.	S oxydé.	SO^3 par kg de terre.	S oxydé.	SO^3 par kg de terre.	S oxydé.	SO^3 par kg de terre.	S oxydé.	SO^3 par kg de terre.	S oxydé.
	g	p. 100	g	p. 100	g	p. 100	g	p. 100	g	p. 100
1° Témoin sans soufre....	0,113	» (1)	0,154	»	0,205	»	0,230	»	0,253	»
2° Terre 1kg + 4g soufre....	0,236	1,2	2,520	23,6	4,656	44,5	5,204	49,7	6,420	59,9
3° Terre 1kg + 5g saccharose + 4g soufre..........	0,180	0,7	0,353	2,0	0,682	4,8	1,628	14,0	3,046	27,9
4° Terre 1kg + 5g amidon + 4g soufre..........	0,257	1,4	0,485	3,3	0,838	6,3	1,294	10,6	2,680	24,3
5° Terre 1kg + 5g peptone + 4g soufre.........	0,515	4,0	1,060	9,0	4,200	40,9	7,083	68,5	8,450	82,0

La teneur en sulfates du lot témoin triple presque pendant la durée de l'expérience, cette terre de jardin étant particulièrement riche en produits sulfurés, organiques ou minéraux.

L'oxydation du soufre introduit dans les autres lots s'effectue lentement au début et devient rapide à partir du dixième jour. Les matières hydrocarbonées (saccharose et amidon) ont une influence très nettement retardatrice, que des expériences ultérieures nous permettront sans doute d'expliquer.

La peptone, en tant que matière azotée, a une action favorisante très marquée à partir du quinzième jour, si bien que l'oxydation atteint 82 pour 100 du soufre introduit, après 30 jours.

(1) Déduction faite des sulfates trouvés dans le témoin sans soufre.

2° *Terre de limon des plateaux du pays de Caux, non calcaire.* — L'expérience est conduite dans les mêmes conditions que ci-dessus, mais l'humidité de la terre n'est portée qu'à 18 pour 100, à cause de la nature physique du sol. Sa teneur en chaux n'étant que de 2 pour 1000, l'un des lots est additionné de 20 pour 1000 de carbonate de chaux précipité.

Nature des essais.	Après 8 jours. SO³ par kg de terre.	S oxydé.	15 jours. SO³ par kg de terre.	S oxydé.	22 jours. SO³ par kg de terre.	S oxydé.	1 mois. SO³ par kg de terre.	S oxydé.	40 jours. SO³ par kg de terre.	S oxydé.
	g	p. 100	g	p. 100	g	p. 100	g	p. 100	g	p. 100
1° Témoin sans soufre......	0,053	»	0,053	»	0,056	»	0,069	»	0,088	»
2° Terre 1^{kg} + 4^{g} soufre....	0,270	2,2	1,573	15,2	2,727	26,7	3,129	30,6	3,193	31,0
3° Terre 1^{kg} + 20^{g} CO^3Ca + 4^{g} soufre..........	0,859	8,0	4,458	44,0	5,690	56,4	6,152	60,8	6,785	67,0
4° Terre 1^{kg} + 5^{g} glucose + 4^{g} soufre..........	0,344	2,9	0,444	3,9	1,098	10,4	1,412	13,4	2,633	25,4
5° Terre 1^{kg} + 5^{g} peptone + 4^{g} soufre..........	0,562	5,1	3,523	34,7	4,339	42,8	4,567	45,0	4,950	48,6

Le carbonate de chaux ajouté à la terre du lot n° 3 joue un rôle essentiel en saturant l'acide sulfurique au fur et à mesure de sa production; ceci tend déjà à prouver que l'oxydation du soufre est due à un processus microbien, car un phénomène chimique de cet ordre ne serait pas entravé par un excès d'acidité.

Le rôle respectif des matières hydrocarbonées et azotées est le même que dans l'expérience précédente.

II. Influence des bactéries sur l'oxydation du soufre. — Des lots de 50^{g} de terre sèche de limon des plateaux, additionnée de 1^{g} de carbonate de chaux précipité et de 0^{g},25 de peptone Collas ont été introduits dans des fioles d'Erlenmeyer de 500$^{cm^3}$, bouchées au coton et passées au four à flamber à 180° pendant 1 heure.

Après refroidissement, on a introduit le soufre, ou du polysulfure de calcium, puis l'eau, et le tout fut passé à l'autoclave à 102° pendant 1 heure.

Certains lots furent ensemencés à l'aide de délayure de terre, et les fioles furent placées dans une étuve à 28°; l'humidité de la terre était maintenue à 18 pour 100 par addition d'eau stérile.

Nature des essais. — Terres stérilisées.	Oxydation après 16 jours. SO³ dans les 50^{g} de terre.	SO³ provenant du soufre.	Soufre oxydé pour 100.
	g		
1° Sans soufre....................................	0,022	»	»
2° Avec 0^{g},2 de fleur de soufre....................	0,039	0^{g},017	3,4
3° Avec 1$^{cm^3}$ délayure de terre et 0^{g},2 fleur de soufre.	0,342	0,320	64,0
4° Avec 0^{g},2 de soufre précipité pur................	0,030	0,008	1,6

Nature des essais. — Terres stérilisées.	Oxydation après 16 jours		
	SO^3 dans les 50g de terre.	SO^3 provenant du soufre.	Soufre oxydé pour 100.
5° Avec 1cm³ délayure de terre et 0g,2 soufre précipité.	0g,493	0g,471	94,2
6° Avec 0g,5 polysulfure de calcium *Milo* (1).......	0,045	0,013	13,4
7° Avec 1cm³ délayure de terre et 0g,5 polysulfure ...	0,102	0,070	72,5

Il apparaît très nettement que l'oxydation du soufre est due à un processus microbien; en effet, alors que les lots stérilisés nos 2 et 4 donnent respectivement 3,4 et 1,6 de soufre oxydé pour 100, les lots cultivés nos 3 et 5 donnent une oxydation de 64,0 et 94,2 pour 100. Celle-ci est assez élevée pour que l'acide sulfurique formé puisse être considéré comme un facteur important de l'action fertilisante du soufre.

Quant au polysulfure de calcium, nous voyons qu'il subit aussi l'influence de l'oxydation microbienne.

Nous avons cherché à isoler les bactéries qui président aux phénomènes que nous avons observés; cette étude n'est qu'ébauchée, et tout ce que nous pouvons dire jusqu'ici, c'est que nous possédons déjà quelques bactéries oxydantes du soufre, dont l'une oxyde à 18,6 pour 100 alors que le témoin stérile ne donne que 3,6.

Nous pensons d'ailleurs que le problème de l'oxydation microbienne du soufre est très compliqué, qu'un certain nombre de bactéries y concourent, peut-être par une voie moins directe que celle de l'oxydation pure et, dans certains cas, avec formation intermédiaire d'hydrogène sulfuré.

PHYSIOLOGIE. — *L'adaptation organique dans les états d'attention volontaires et brefs.* Note (2) de M. **J.-M. Lahy**, présentée par M. Edmond Perrier.

Méthode. — Les états d'attention sont difficiles à étudier de façon objective, en raison de l'impossibilité où se trouve l'observateur pour les limiter dans le temps. Il faut, en effet, que par un signe le sujet avertisse l'expérimentateur du commencement et de la fin de son effort. Même si ce signe

(1) Le polysulfure *Milo* renferme 19,3 pour 100 de soufre à l'état de sulfures.

(2) Présentée dans la séance du 17 mars 1913.

est réduit à un seul mot, il comporte un acte volontaire et un effort de réalisation qui ne doivent pas être confondus avec l'attention.

Nous avons donc pensé à étudier dans sa totalité un acte, le tir par exemple, à en analyser tous les éléments psychologiques, et, ceci fait, à isoler tels éléments qui ne relèvent que du seul effort d'attention. Si dans cet acte (le tir), acte à la fois bref, intense et psychologiquement isolé, dont la valeur se constate par le résultat qu'obtient le tireur, nous mettons à part tout ce qui est relatif à sa réalisation (problème de l'action), il nous reste, comme signe de l'attention, une adaptation organique du sujet.

Impassibilité musculaire. — Il est d'observation courante que l'attention se traduit par un signe extérieur : l'immobilité. Nous avons constaté nous-même et inscrit, à l'aide de la méthode graphique, que, malgré une apparente immobilité, le mauvais tireur avait des mouvements parasites inaperçus chez le bon tireur. Il s'ensuit que pour ce dernier le temps de visée est beaucoup plus court : $4^s\frac{4}{5}$ pour $17^s\frac{4}{10}$, donc que l'attention est plus grande et plus efficace.

Troubles physiologiques profonds. — Le sujet étant placé dans la position ordinaire du tireur couché, on enregistrait en même temps la respiration, le pouls, le commencement et la fin de l'expérience et le temps.

a. Respiration. — Nous constatons que, dans les cas où l'attention est efficace, la respiration s'arrête subitement et de façon complète. Le retour de la respiration à la normale n'a pas une durée proportionnelle à la durée de l'effort d'attention. Il mesure plutôt l'intensité de cet effort. Dans les cas où l'attention est faible, à l'inverse, la respiration n'est pas modifiée de façon apparente.

b. Pouls. — Cependant, dans ces cas eux-mêmes, le sujet ne reste pas passif. Sa circulation est profondément troublée ; le nombre des pulsations augmente. De plus, cette augmentation s'accroît et persiste longtemps après l'expérience.

Les mêmes troubles se rencontrent lorsque l'attention est plus efficace, mais ils traduisent un certain nombre de caractères qui nous permettent de dégager le signe de cette efficacité, c'est-à-dire la valeur de l'attention.

Voici, comme exemple, le tableau qui résume l'analyse très minutieuse des graphiques d'un sujet qui réalise un effort d'attention parfaitement dirigé et dont la valeur se confirme par le résultat qu'il obtient :

Phases de l'expérience.	Longueur du graphique (cm).	Durée en secondes.	Pulsations. Nombre total.	Nombre par seconde.	Longueur moyenne (mm).	Hauteur moyenne (mm).	Dicrotisme.	Ondulation secondaire.	Oscillations de la courbe d'ensemble.
Première expérience.									
Avant	9,0	$\frac{53}{5}$	12	1,13	0,75	2	existe	existe	horizontale
Visée	4,2	$\frac{25}{5}$	6	1,20	0,70		diminué	manque	s'élève légèrement
Choc	»	$\frac{8}{5}$	analyse impossible						
Rétablissement respiratoire.	2,5	$\frac{15}{5}$	3,5	1,16	0,71	3	augmenté	manque	s'élève légèrement
Normal	8,0	$\frac{45}{5}$	10,5	1,16	0,76	2	connu au début	existe	tombe à la normale après 7 pulsations: oscille un peu
Deuxième expérience.									
Avant	6,2	$\frac{40}{5}$	8	1	0,78	2	existe	rare	horizontale
Visée	3,0	$\frac{19}{5}$	4	1,05	0,75	2	diminué	id.	s'élève
Choc	nul	nulle							
Rétablissement respiratoire.	2,3	$\frac{15}{5}$	3	1	0,73		augmenté	id.	s'élève et baisse
Normal	7,5	$\frac{47}{5}$	10	1,06	0,75	2	connu au début	id.	tombé à la normale
Troisième expérience.									
Avant	9,0	$\frac{51}{5}$	12	1,05	0,75	3	existe	rare	horizontale
Visée	3,5	$\frac{21}{5}$	4,5	1,07	0,77		diminué	id.	id.
Choc	nul	nulle							
Rétablissement respiratoire.	0,8	$\frac{5}{5}$	impossible à analyser						mouvem. = traune
Normal	7,5	$\frac{47}{5}$	10	1,04	0,75	2	connu au début	id.	tombe en oscillant à la normale
Quatrième expérience.									
Avant	10,0	$\frac{64}{5}$	14	1,09	0,71	3	existe	rare	horizontale
Visée	4,2	$\frac{26}{5}$	5,8	1,11	0,72	3	id.	id.	id.
Choc	nul	nulle	impossible à analyser						
Rétablissement respiratoire.	0,9	$\frac{6}{5}$	1,3	1,08	0,70		id.	id.	
Normal	7,0	$\frac{46}{5}$	10	1,08	0,70	3	id.	id.	tombe vite à la norm.

Le signal du commencement de l'expérience détermine chez le sujet un déclenchement de modifications profondes, mais de courte durée. Elles sont réduites à la durée de l'effort, car, le coup parti, la respiration se rétablit instantanément et le nombre des pulsations décroît aussitôt pour tendre vers la normale.

L'adaptation physiologique dans l'état d'attention volontaire et bref. — D'après ceci, la valeur de l'attention semble dépendre d'une adaptation physiologique plus ou moins grande. Chez l'homme attentif une image sensorielle, ou mentale, détermine l'attitude musculaire réflexe la plus simple : l'arrêt. En même temps, les troubles respiratoires et circulatoires s'accusent intenses, mais brefs. Ils ne durent, comme l'indiquent nos graphiques soigneusement chronométrés, que pendant la durée de l'effort d'attention.

La plus ou moins grande rapidité avec laquelle s'opèrent les changements respiratoires et circulatoires, soit pour rompre leur rythme habituel, soit

pour revenir à la normale, constitue le caractère somatique fondamental de l'attention.

Nos expériences nous ont, en outre, permis de déceler la cause de la fâcheuse adaptation organique dans les états inférieurs d'attention.

Elle réside dans la persistance d'images sensorielles.

Tandis qu'au début de chaque expérience, alors que les sujets sont encore à l'état passif, nos *inattentifs* réagissaient avec une rapidité plus grande que les *attentifs*, à la fin des expériences les rôles étaient renversés. Les images (motrices, dans le cas de nos recherches) persistent chez les premiers, tandis que les seconds en sont instantanément débarrassés.

Des expériences relatives à la suggestibilité ont confirmé ces résultats.

Il ressort de nos expériences que, au moment où un individu accomplit un effort d'attention, il se crée en lui une personnalité physiologique nouvelle, caractérisée par des troubles profonds et passagers. Le mot *troubles* lui-même doit être soumis à des réserves, car si l'activité que l'on observe est plus intense, elle est en même temps ordonnée. Les rapports restent constants entre l'activité respiratoire et circulatoire (sous ses divers aspects de nombre de pulsations et pression sanguine), et même entre celles-ci et l'activité mentale. *C'est, en définitive, à une plus ou moins grande plasticité fonctionnelle de l'individu que l'on doit rattacher la plus ou moins grande puissance d'attention.*

PHYSIOLOGIE. — *Résistance comparative du Chien et du Lapin aux injections intraveineuses d'acide carbonique.* Note de M. **Raoul Bayeux**, présentée par M. Roux.

Dans une Note précédente (*Comptes rendus*, 28 avril 1913) j'ai montré que P étant le poids d'un Chien ou d'un Lapin auquel on injecte de l'oxygène dans la veine fémorale, sous une vitesse constante, V le volume maximum que l'animal peut recevoir en 1 heure, l'expérimentation conduit aux formules suivantes :

$$\text{Oxygène (fémorale)} \ldots \left\{ \begin{array}{ll} \text{Chien} \ldots & V = \frac{P}{3} \\ \text{Lapin} \ldots & V = \frac{P}{80} \end{array} \right.$$

La présente Note a pour but d'établir les modifications que subissent ces formules si l'on remplace l'oxygène par l'acide carbonique.

Or, avec ce dernier gaz, les recherches que je viens de poursuivre pendant 5 mois m'ont donné :

Acide carbonique (fémorale) .. { Chien..... $V = \frac{5P}{3}$; Lapin..... $V = \frac{P}{16}$ }

J'ai pu injecter, pendant 1 heure, 125^{cm^3} d'acide carbonique à des Lapins qui n'auraient supporté que 25^{cm^3} d'oxygène. Cette dose n'a pu être dépassée sans tuer les animaux.

De même, chez un Chien de 9^{kg} qui n'aurait supporté que 3^l d'oxygène, j'ai injecté 15^l d'acide carbonique en 1 heure, et, ayant continué l'injection, j'ai vu l'animal mourir 12 minutes plus tard.

Antérieurement, j'avais pu injecter à un Chien de 17^{kg}, pendant 2 heures, l'acide carbonique à la vitesse de 17^l à l'heure. L'animal avait ainsi reçu 34^l de ce gaz sans mourir.

Enfin, ayant injecté l'acide carbonique, chez des Lapins, dans une veine de l'oreille, j'ai constaté que la dose-limite s'abaissait selon la formule suivante :

Acide carbonique (oreille)... Lapin.... $V = \frac{P}{32}$

Pour l'oxygène j'avais obtenu :

Oxygène (oreille)........... Lapin.... $V = \frac{P}{100}$

L'examen de ces diverses formules permet d'émettre les conclusions suivantes :

1° Le rapport entre les doses-limites injectables par une veine de l'oreille et par la veine fémorale est plus grand pour l'acide carbonique que pour l'oxygène ($\frac{1}{2}$ pour l'acide carbonique; $\frac{4}{5}$ pour l'oxygène); ce qui fait une différence de $\frac{1}{2}$ pour l'acide carbonique, et de $\frac{1}{5}$ pour l'oxygène.

2° La différence entre les quantités injectables par l'une et l'autre veine résulte de ce fait que, le volume du sang contenu dans le territoire de la veine cave supérieure, où se répand le gaz injecté par la veine de l'oreille, étant moins grand que celui du sang contenu dans le territoire de la veine cave inférieure où se répand le gaz injecté par la veine fémorale, le premier territoire est plus vite saturé que le second. La différence entre les rapports de l'oxygène et de l'acide carbonique provient de ce que ce dernier gaz est plus soluble dans le sang que le premier.

Je ne partage pas l'opinion des auteurs qui ont attribué la différence des

quantités injectables par l'oreille et par la patte, à l'arrivée plus rapide au cœur par l'oreille que par la patte : en effet, l'auscultation du cœur des animaux en expérience m'a démontré que, dans l'un et l'autre cas, les bulles d'oxygène (par exemple) arrivent au cœur *en quelques secondes;* et on les entend barboter pendant tout le temps de l'expérience. D'autre part, l'autopsie des animaux montre que les gaz ne franchissent pas la limite du territoire dans lequel ils ont été injectés; au confluent des Caves, le sang pur de l'une se mélange au sang mousseux de l'autre, sans jamais empiéter l'un sur l'autre.

3° Le rapport entre la réceptivité du Chien et du Lapin est le même pour l'acide carbonique et pour l'oxygène : dans les deux cas, le volume du premier gaz est 5 fois plus grand que celui du second.

On pourrait se demander si les différences constatées entre le Chien et le Lapin, lorsque les valeurs de la solubilité de ces deux gaz dans leur sang sont rapportées à leurs poids respectifs, ne disparaîtraient pas en rapportant ces valeurs au volume du sang total. Il n'en est rien : en effet, on sait que le volume du sang du Chien est le $\frac{1}{13}$ du poids de cet animal, et les Tableaux récents publiés par Dreyer et Walker montrent que le sang du Lapin est le $\frac{1}{19}$ de son poids. Si, dans mes formules, on remplace le poids par le volume du sang, on voit que le sang du Chien tolère un volume de gaz encore plus de 18 fois supérieur à celui que tolère le sang du Lapin.

Tandis que les injections intraveineuses d'oxygène reproduisent certains accidents de la décompression, les injections d'acide carbonique déterminent les accidents du *mal des altitudes*. En effet, chez des chiens arrivés à la limite de leur tolérance pour l'acide carbonique, j'ai constaté des nausées et des vomissements, phénomènes habituels du mal de montagne. Sur plusieurs lapins arrivés aux limites de l'asphyxie, j'ai vu que, en les débarrassant de leurs liens, les premiers mouvements qu'ils effectuaient amenaient la mort subite. Et cependant je m'étais assuré, par l'auscultation du cœur, qu'aucune bulle gazeuse ne barbotait plus dans leur cœur.

Or, plusieurs ascensionnistes, atteints du mal de montagne, sont morts subitement après avoir résisté pendant de longues heures à l'asphyxie, et plusieurs aéronautes sont tombés foudroyés à l'occasion d'efforts musculaires de courte durée. Dans ce dernier cas, cependant, la mort subite n'avait été précédée d'aucun trouble apparent; on peut reproduire ces conditions en injectant l'acide carbonique progressivement, déterminant ainsi une asphyxie atténuée qu'on exagère peu à peu.

L'autopsie des animaux tués par l'acide carbonique permet des consta-

tations différentes de celles qu'on trouve dans la mort par l'oxygène : le cœur est mou et flasque; toutes ses cavités sont pleines de sang sombre, et les cavités droites contiennent de rares bulles gazeuses. Les grosses veines ne contiennent pas les grosses embolies gazeuses constatées avec l'oxygène; leur section ne donne pas lieu à un jet de sang. Les veines pulmonaires contiennent du sang rougeâtre et les poumons sont rouges au lieu d'être pâles comme dans l'oxygénation. Ces constatations indiquent que l'acide carbonique s'est dissous plus complètement que l'oxygène et que le sang a plus aisément franchi le réseau capillaire du poumon dans lequel l'oxygénation a pu se faire d'une façon relative.

La mort par l'oxygène est donc due à l'arrêt progressif de la circulation, et celle que produit l'acide carbonique, à une asphyxie véritable.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Méthodes à employer pour réaliser la tuberculose expérimentale par inhalation.* Note [1] de M. **P. Chaussé**, présentée par M. Roux.

Les premiers expérimentateurs qui ont tuberculisé des animaux par inhalation ont employé des doses considérables de virus et multiplié les épreuves; Tappeiner fit subir à ses animaux de 54 à 140 séances d'inhalation, Bertheau de 2 à 10, Veraguth de 8 à 14, Thaon 14.

Nous ne pouvons rappeler ici les nombreuses expériences effectuées depuis cette époque; nous dirons seulement qu'elles ont donné des résultats très dissemblables selon les auteurs, parce que ces derniers n'ont pas attaché assez d'importance à certaines variations des conditions réalisées. La difficulté d'interprétation de documents contradictoires, et défectueux par ailleurs, a autorisé les promoteurs de la théorie digestive à dire que les voies respiratoires sont très bien défendues contre le bacille et que la tuberculose est difficilement réalisable par inhalation.

Ayant effectué depuis quelques années environ 150 expériences d'inhalation sur 2000 animaux de diverses espèces, et dans des conditions variables, nous croyons pouvoir indiquer les raisons des divergences ci-dessus et donner quelques règles à suivre pour déterminer à coup sûr une tuberculose d'origine respiratoire, à un degré approximativement exact. Il est superflu d'ajouter que l'expérimentation est ici de la plus grande utilité,

(1) Présentée dans la séance du 5 mai 1913.

pour comprendre la pathogénie, connaître les conditions de la contagion et éclairer la prophylaxie.

Pulvérisation de virus frais par voie humide. — Les mucosités bronchiques donnent les meilleurs résultats, parce que la totalité des bacilles y sont virulents; la matière caséeuse se montre infectante à un degré moindre et cela est dû à la dégénérescence d'une partie des microbes.

On peut réaliser l'infection aussi bien dans une caisse que dans un grand local; il suffit de faire varier en conséquence la quantité des bacilles. Il est complètement inutile d'assujettir les animaux, de les forcer à inhaler, de pratiquer la trachéotomie. Une numération des bacilles ayant été faite, on diluera le virus au mortier, avec un liquide stérile; nous avons généralement adopté le chiffre de 1 million de bacilles pour 1^{cm^3} de dilution. Cette dernière pourra être pulvérisée de façon variable.

I. Le procédé le plus simple consiste à diviser le liquide avec un pulvérisateur de Richardson dont le jet pénètre dans l'espace à inhalation, ce qui exige de quelques secondes à plusieurs minutes, selon la quantité. Le temps de suspension étant de 7 heures pour les particules fines, il faut attendre au moins ce délai pour retirer les animaux et observer au surplus certaines précautions.

II. Comme nous avons constaté que la plupart des gouttelettes émises ne sont pas respirables, il y a intérêt à les éliminer, car le virus en excès souille le corps des animaux.

Pour ce faire, le meilleur procédé consiste à employer un pulvérisateur perfectionné, ne donnant que des gouttelettes respirables, ce qui permet de réduire considérablement la dose de virus. Cet appareil pourra être celui de Büchner (*Zeitschr. f. Hyg.*, 1888). Nous en avons nous-même construit un plus simple : dans un tube flacon en verre de 30^{mm} de diamètre sur 350^{mm} de hauteur, fermé par un bouchon à deux orifices, nous déposons la dilution, qui ne doit remplir que $\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{5}$ de ce tube. Le dispositif pulvérisant est un simple tube de verre traversant le bouchon, en rapport extérieurement avec une soufflerie, effilé à son extrémité inférieure, laquelle est recourbée de bas en haut et plonge dans le liquide; cette partie effilée doit avoir au plus 1^{mm} de diamètre, et son extrémité dirigée vers le haut doit être à 5^{mm} en dessous de la surface du liquide. Le second orifice du bouchon laisse passer le tube de sortie des particules bacillaires qui sont conduites dans l'espace à inhalation. Si l'on actionne la soufflerie, le jet d'air qui traverse le tube pulvérisant divise et projette les gouttelettes de bas en haut, mais tout ce qui n'est pas respirable retombe dans le iquide, tandis que les particules fines sont transportées. Un essai préalable avec une solution colorée a fait connaître le débit de l'appareil qui est de 10^{mg} à 20^{mg} à la minute, d'où l'on déduit le nombre de bacilles.

III. D'après ce que nous avons acquis sur la transportabilité et le temps de suspen-

sion des particules (*Comptes rendus* du 24 février 1913), il est possible d'exposer les animaux à inhaler seulement les particules fines quand on opère avec le pulvérisateur de Richardson : 1° en les plaçant à distance du jet de l'appareil, de telle sorte que seules les gouttelettes fines les atteignent; 2° en les enfermant dans une caisse métallique qui sera ouverte de l'extérieur 2 minutes après la fin de la pulvérisation; 3° en faisant réfléchir le jet de gouttelettes sur plusieurs plans qui arrêtent toutes les grosses particules.

Par la pulvérisation de virus frais l'infection est toujours obtenue en une seule fois, à moins qu'on ne soit trop près de la dose limite, et aucun des sujets réceptifs n'est épargné. A titre d'indication, la pulvérisation de 10 millions de bacilles (environ $0^g,20$ de crachats de richesse moyenne), avec l'appareil de Richardson, dans un local de 13^{m^3}, donne, chez le cobaye, environ 15 tubercules pulmonaires primitifs. Le nombre des lésions est sensiblement proportionnel à la capacité respiratoire des sujets et à la quantité de bacilles pulvérisée.

Pulvérisation de virus desséché. — Avec les mucosités desséchées, à la température de 10° à 15°, l'infection est obtenue en toute certitude pendant les premiers jours seulement, ainsi que le démontrent nos recherches sur la vitalité (*Comptes rendus* du 26 août 1912).

La division pourra être faite *par brossage de tissus* artificiellement souillés, en présence d'animaux renfermés dans une boîte étanche; il est aisé d'imaginer un dispositif permettant d'exécuter cette opération de l'extérieur, la caisse étant fermée. La réussite sera également certaine si l'on procède *par agitation de linges* bacillaires dans les mêmes conditions. Il serait possible, enfin, de délayer le virus desséché et de le pulvériser par voie humide comme il a été indiqué plus haut.

A partir du dixième jour de dessiccation, l'infection est plus ou moins difficilement obtenue, la perte de la vitalité étant d'autant plus rapide que la dessiccation est plus parfaite. Telle est la cause des résultats contradictoires enregistrés avec la pulvérisation sèche.

Nos recherches sur la tuberculose d'inhalation, en restant dans les conditions physiologiques, montrent que *ce mode d'infection est extraordinairement efficace* chez toutes les espèces réceptives; toutefois, ce n'est pas sur cette seule conclusion expérimentale qu'on peut se baser pour soutenir l'origine respiratoire de la phtisie chez l'homme et le bœuf, mais sur les données pathogéniques générales et nécropsiques.

ZOOLOGIE. — *Sur un nouveau genre de Centrarchidés du Gabon.* Note de M. **Jacques Pellegrin**, présentée par M. Edmond Perrier.

Les Centrarchidés sont des Poissons percoïdes confinés dans les eaux douces de l'Amérique du Nord où l'on en compte une dizaine de genres et une trentaine d'espèces. Plusieurs de celles-ci ont été récemment introduites en Europe et la Perche-Soleil (*Eupomotis gibbosus* L.) se reproduit maintenant librement dans plusieurs de nos cours d'eau.

Un seul genre, le genre *Kuhlia* (ou *Dules*), possède une distribution géographique très vaste qui s'explique par ses tendances marquées à vivre en milieu marin; il se rencontre, en effet, dans les eaux douces ou saumâtres des estuaires de l'est de l'Afrique, des îles de l'océan Indien et du Pacifique et du nord de l'Australie. On ne le connaît point dans l'Atlantique.

Or M. Gruvel a rapporté au Muséum de Paris, de la baie de Libreville (Gabon), deux échantillons d'un Poisson qui me paraît présenter des affinitées marquées avec les *Kuhlia*, tout en méritant de former un genre spécial dans la famille des Centrarchidés. C'est également l'avis de mon éminent collègue du British Museum, M. G. A. Boulenger, auquel j'ai montré ces spécimens.

Il n'est pas besoin de faire ressortir l'intérêt que présente le fait d'avoir trouvé un représentant nouveau des Centrarchidés sur un point du littoral africain de l'Atlantique où la famille n'avait jamais été signalée.

Parakuhlia nov. gen. — Corps assez élevé, fortement comprimé. Ecailles ciliées. Ligne latérale complète prolongée jusque sur la nageoire caudale. Tête presqu'entièrement recouverte d'écailles. Bouche grande, protractile. Maxillaire visible, sans os supplémentaire. Dents villiformes en plusieurs rangées à chaque mâchoire; dents sur le vomer; pas de dentition palatine distincte. Préorbitaire sans denticulations, mais bord du préopercule nettement denticulé. Deux narines de chaque côté. Membranes branchiales séparées; 6 rayons branchiostèges; 4 branchies; pseudobranchie développée; branchiospines longues et étroites. Première dorsale réunie par sa base à la seconde. Anale à 3 épines, à portion molle aussi développée que celle de la dorsale. Dorsale et anale reçues antérieurement dans un fourreau écailleux assez peu marqué. Pectorales pointues. Ventrales formées d'une épine et de 5 rayons mous, commençant en arrière de la base des pectorales.

Caudale émarginée. De petites écailles sur les nageoires molles impaires. Type : *Parakuhlia Boulengeri*.

Parakuhlia Boulengeri nov. sp. — L'aspect général rappelle assez celui de *Kuhlia caudovittata* C. V. La hauteur du corps est contenue 2 fois à 2 fois $\frac{1}{4}$ dans la longueur sans la caudale; la longueur de la tête 3 fois environ. L'œil est compris 2 fois $\frac{2}{3}$ à 2 fois $\frac{3}{4}$ dans la longueur de la tête. La mâchoire inférieure est proéminente, le maxillaire supérieur étendu jusqu'au-dessous du tiers antérieur à l'œil. La joue et l'opercule sont couverts de petites écailles ainsi que l'espace interorbitaire qui mesure les $\frac{3}{4}$ de l'œil. On compte 17 branchiospines à la base du premier arc branchial. Il existe 50 ou 51 écailles en ligne longitudinale, $\frac{7 \text{ ou } 8}{15}$ en ligne transversale. La première dorsale commence à peine en arrière de la base de la pectorale; elle comprend 11 épines, la seconde une épine et 15 ou 16 rayons mous; la quatrième épine la plus longue fait les $\frac{2}{3}$ de la longueur de la tête. L'anale est composée de 3 épines fortes, la deuxième et la troisième à peu près égales et de 16 rayons mous. La pectorale presque aussi longue que la tête arrive à l'anus; la ventrale également.

La coloration semble avoir été argentée.

Longueur des types 143^{mm} et 115^{mm}.

Ce curieux Poisson, en dehors de l'aspect général extérieur, se rapproche des *Kuhlia* par la présence d'une pseudobranchie très développée. Bien des caractères cependant permettent de distinguer les deux genres : l'existence chez *Parakuhlia* de petites écailles sur l'espace interorbitaire et les nageoires molles impaires, l'absence de denticulations au bord libre du préorbitaire, le nombre plus élevé des rayons épineux et des rayons mous aux nageoires dorsale et anale, enfin l'absence de dentition palatine distincte. Ce dernier caractère rapprocherait les *Parakuhlia* de certaines formes nord-américaines comme les *Eupomotis*.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Remplacement du zinc par le cuivre dans la culture de l'*Aspergillus niger. Note de M. **Charles Lepierre**, présentée par M. A. Gautier.

J'ai montré récemment que le cadmium, le glucinium, l'uranium peuvent remplacer le zinc dans le liquide Raulin en donnant des cultures de même poids que celles que fournit le milieu zincique.

Le cuivre jouit des mêmes propriétés. La technique suivie a déjà été décrite par moi. J'emploie le sulfate de cuivre $CuSO^4.5H^2O$, *privé de zinc, de cadmium*, etc., en solution titrée (3,93 parties de ce sel correspondent à 1 partie de cuivre métallique).

Le Tableau ci-dessous résume mes essais ; les doses sont toujours calculées en métal actif :

Cuivre. — Poids des récoltes. — 500$^{cm^3}$ de liquide. — Température 34°. — Hauteur du liquide 2^{cm}.

	Cristallisoirs en porcelaine.						Flacon d'Erlenmeyer.		
	6 jours.	6 jours.	6 jours.	5 jours.	10 jours.	15 jours.	6 jours.	8 jours.	15 jours.
Témoins	4,77 g	6,80 g (10 j.)	4,39 g	4,25 g	4,96 g	6,33 g	5,54 g	3,60 g (4 j.)	6,70 g
Zinc $\frac{1}{1000000}$	7,36	6,85	7,54	7,85	7,70	6,40	6,39	6,25 (4 j.)	6,76
Cuivre $\frac{1}{500}$	»	0	»	»	»	»	0	»	»
» $\frac{1}{1000}$	»	0	0	»	»	»	0	»	»
» $\frac{1}{2000}$	»	3,75 (12 j.)	»	presque rien	1,90	1,95	5,47	3,06	3,26
» $\frac{1}{3000}$	»	5,70	»	»	»	»	5,78	»	»
» $\frac{1}{4000}$	»	4,45	»	»	»	»	6,26	»	»
» $\frac{1}{5000}$	»	5,30	»	2,14	»	4,45	5,67	3,35	3,75
» $\frac{1}{10000}$	5,67	5,05	4,70	3,95	5,13	5,20	6,20	3,85	4,26
» $\frac{1}{50000}$	5,34	»	»	4,30	5,68	6,27	»	3,90	4,14
» $\frac{1}{100000}$	5,13	»	4,15	4,16	5,26	5,70	»	5,13	5,68
» $\frac{1}{500000}$	5,22	»	5,82	4,35	6,05	6,73	»	3,27	3,81
» $\frac{1}{1000000}$	5,46	»	»	3,00	6,38	7,83	»	4,00	4,51
» $\frac{1}{5000000}$	5,72	»	»	3,55	6,22	8,22	»	4,11	4,61
» $\frac{1}{10000000}$	6,05	»	»	3,76	7,04	7,69	»	4,11	4,63
» $\frac{1}{50000000}$	»	»	»	3,57	6,45	7,06	»	4,09	5,05
» $\frac{1}{100000000}$	»	»	»	3,27	6,10	7,42	»	»	»
» $\frac{1}{1000000000}$	»	»	»	1,86	4,27	7,16	»	3,92	4,94

Cultures en cristallisoirs. — En cristallisoirs, on voit que si la dose de cuivre est inférieure à $\frac{1}{500000}$ et jusqu'à $\frac{1}{1000000000}$, le poids des récoltes est normal, mais le maximum n'est atteint qu'après 12 à 15 jours. Il y a donc retard, comme dans le cas du glucinium et de l'uranium. Les cultures normales ont un aspect qui rappelle les cultures sur zinc. Si la dose de cuivre est supérieure à $\frac{1}{500000}$ le poids des récoltes est d'autant plus petit que le liquide renferme plus de cuivre ; à la dose de $\frac{1}{500}$ à $\frac{1}{1000}$ l'*Aspergillus* ne pousse plus. Les cultures sporulent si la dose de cuivre ne dépasse pas $\frac{1}{10000}$; la sporulation a lieu dès les premiers jours aux doses, encore très toxiques, de $\frac{1}{10000}$ à $\frac{1}{100000}$. Si la dose de cuivre est moindre, la sporulation n'apparaît que plus tard (12 à 15 jours). Cette sporulation hâtive, dans le cas des doses élevées, indique donc une toxicité qui se poursuit jusqu'à $\frac{1}{100000}$. Les mêmes faits s'observent du reste pour le zinc et les autres métaux étudiés.

Cultures en flacons d'Erlenmeyer. — Dans ces flacons (dont j'ai donné les dimen-

sions), bouchés à l'ouate et recouverts d'un capuchon de papier serré, l'influence du cuivre est moins nette et sujette à des variations qui dépendent essentiellement de l'accès plus ou moins facile de l'oxygène de l'air.

J'ai observé quelquefois des récoltes se rapprochant de la normale, mais le plus souvent, avec des flacons bien bouchés, comme le Tableau le montre, les poids sont inférieurs à ceux obtenus, *toutes autres conditions égales d'ailleurs*, dans les cristallisoirs dont les couvercles sont soulevés, où l'air pénètre sans cesse, et où l'assimilation des aliments dans l'unité de temps est plus rapide.

Les cultures en Erlenmeyer sporulent du reste parfaitement aux doses ci-dessus indiquées. L'analyse démontre que le cuivre est absorbé par la plante.

En résumé, le cuivre, dans les conditions relatées ci-dessus, peut remplacer le zinc dans le milieu Raulin, comme le cadmium, le glucinium, l'uranium; il joue, comme ces métaux, le même rôle dans la rapide croissance de l'*Aspergillus*. Ce rôle est toutefois moins intense que dans le cas du zinc, du cadmium, du glucinium et se rapproche du rôle de l'uranium.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Dosage du glycogène dans les muscles*. Note de M. **H. Bierry** et Mme **Z. Gruzewska**, présentée par M. Dastre.

Dans une Communication antérieure ([1]) nous avons donné une nouvelle méthode de dosage du glycogène dans le foie des Mammifères. Cette méthode très rapide permet également de doser avec exactitude le glycogène dans les muscles. Elle comprend trois temps : 1° le tissu subit une dissolution complète dans la potasse à chaud; 2° puis, le glycogène dissous dans le magma de l'organe est soumis à l'action de HCl; 3° enfin, le glucose provenant de l'hydrolyse du glycogène est séparé des albuminoïdes au moyen du nitrate mercurique et évalué par le procédé de Gab. Bertrand. La différence essentielle entre notre méthode et les méthodes antérieures consiste en ce que le glycogène est dosé dans l'organe même sans extraction préalable. Ceci évite les pertes, abrège sensiblement le temps des manipulations et permet les dosages en séries. En outre, notre technique n'exige que 10g ou 25g de tissu pour l'analyse.

Mode opératoire. — 25g de viande finement hachée sont introduits avec précaution dans un ballon renfermant 25cm³ de solution de potasse à 35 pour 100. Le mélange est d'abord chauffé (pendant environ 15 minutes) jusqu'à dissolution complète du tissu, puis porté à l'autoclave à 120° pendant 30 minutes. Après refroidissement, la liqueur

([1]) H. Bierry et Z. Gruzewska, *Nouvelle méthode de dosage du glycogène dans le foie* (*Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 1559).

est neutralisée au tournesol par l'acide chlorhydrique, additionnée de 5^{cm^3} de solution de HCl (D = 1,18), amenée à 100^{cm^3} et chauffée ensuite à l'autoclave à 120° pendant 30 minutes. La liqueur acide refroidie est versée, ainsi que l'eau distillée (60^{cm^3} environ) ayant servi au lavage du ballon, dans un verre à pied. On neutralise avec de la soude et l'on élimine les albuminoïdes par le nitrate mercurique qu'on ajoute peu à peu et en agitant jusqu'à cessation de précipité (par exemple pour 25^g de viande suivant la richesse en substances protéiques il faut de 70^{cm^3} à 90^{cm^3} de réactif mercurique). La liqueur neutralisée au tournesol est introduite dans un ballon jaugé et amenée avec les eaux de lavage à 300^{cm^3}. Le filtrat obtenu est complètement limpide, on l'additionne de poudre de zinc afin de se débarrasser du mercure en excès. Après un contact de quelques heures avec le zinc, on obtient un liquide incolore dont on prélève, suivant la teneur en sucre, 5^{cm^3} ou 10^{cm^3} pour y doser le glucose au Gab. Bertrand. Le poids de glucose trouvé, dans 10^{cm^3} par exemple, multiplié par 30 donnera le poids de glucose contenu dans 300^{cm^3} et par conséquent le poids du glucose correspondant aux 25^g de viande employée. Le poids du glycogène se déduit du poids du glucose trouvé qu'on multiplie par le coefficient 0,927.

Les poids de glycogène obtenus par cette méthode sont très voisins de ceux obtenus par la méthode de Pflüger employée parallèlement. Ici encore, comme dans le cas du tissu hépatique, les chiffres obtenus par les deux méthodes diffèrent d'autant plus que le tissu musculaire employé est plus pauvre en glycogène.

		Méthode de Pflüger.		Nouvelle méthode.	
Expériences.	Tissu employé.	Poids de viande analysée en grammes.	Glycogène en glucose et en pour 100 du poids frais.	Poids de viande analysée en grammes.	Glycogène en glucose et en pour 100 du poids frais.
1.....	Viande de cheval.	25	0,336	25	0,333
2.....	Viande de cheval.	25	0,270	25	0,311
—	—	—	—	10	0,310
3.....	Viande de cheval.	25	0,163	25	0,181
—	—	—	—	10	0,180
4.....	Viande de cheval.	25	0,474	10	0,473

Nous avons précédemment montré que le tissu hépatique, débarrassé de son glycogène *in vitro*, puis soumis à l'hydrolyse dans les conditions que nous avons précisées, ne donnait pas de substances réductrices pouvant fausser le dosage. Nous avons tenu à compléter les expériences faites *in vitro* par des expériences réalisées *in vivo*. Un chien a été soumis à un jeûne prolongé, un temps suffisant pour qu'on puisse envisager sa complète déglycogénation, puis sacrifié. Du foie entièrement haché on a prélevé 25^g, on a pris également 25^g de tissu provenant d'une masse musculaire considérable finement broyée, et on les a soumis aux divers traitements que nous pré-

conisons pour le dosage du glycogène. Ici encore nous n'avons pas constaté la présence de sucre réducteur. La démonstration est donc complète.

Conclusions. — La méthode que nous proposons permet, avec une exactitude au moins égale à celle qu'on obtient avec la méthode réputée comme la meilleure, de doser le glycogène dans le foie et les muscles des animaux supérieurs. La rapidité et la facilité avec laquelle on la manie la recommandent tout spécialement aux physiologistes et aux médecins.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Synthèse biochimique de glucosides d'alcools (glucosides α) à l'aide d'un ferment (glucosidase α) contenu dans la levure de bière basse séchée à l'air : propylglucoside α et allylglucoside α.* Note de MM. **Em. Bourquelot**, **H. Hérissey** et **M. Bridel**, présentée par M. E. Jungfleisch.

Nous avons montré [1] qu'il était possible, au moyen de la glucosidase α contenue dans la levure de bière basse séchée à l'air, de réaliser des processus de synthèses biochimiques tendant à la formation d'alcoolglucosides α ; nous avons déjà préparé ainsi, synthétiquement, le méthylglucoside α et l'éthylglucoside α. Dans ce présent travail, nous décrirons l'obtention, par le même procédé, de deux glucosides α non encore préparés par voie chimique : le propylglucoside α et l'allylglucoside α.

Nous avions constaté, avec les alcools méthylique et éthylique, qu'il était nécessaire, pour obtenir des résultats positifs, d'utiliser des liquides alcooliques d'un titre relativement bas (en volume : 20^c pour l'alcool méthylique et 30^c pour l'alcool éthylique) et nous laissions pressentir que ces titres, avec certains alcools, devraient encore être abaissés; on verra, en effet, que les synthèses biochimiques du propylglucoside α et de l'allylglucoside α ont été effectuées avec des alcools du titre de 15^c (en volume).

Propylglucoside α.

Préparation. — Des essais préliminaires ont montré qu'en présence de 1^g de glucose pour 100^{cm^3}, le titre de l'alcool propylique le plus favorable à la synthèse biochi-

(1) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 168 et 491.

mique était de 15^{cm^3} pour 100^{cm^3}, la rotation passant, dans ce cas, de $+1°6'$ à $1°24'$ ($l=2$).

On a préparé, alors, 4000^{cm^3} du mélange suivant :

	cm³
Macéré de levure desséchée (1^g pour 20^{cm^3}).......	200
Solution de glucose (1^g pour 10^{cm^3})..............	100
Eau distillée....................................	500
Alcool propylique................................	150
Eau distillée, q. s. pour........................	1000

La réaction était terminée, en 5 jours, à la température ordinaire. On a filtré le liquide, on l'a fait bouillir et on l'a distillé à sec; on a repris le résidu par l'eau distillée et l'on a soumis le liquide à la fermentation par la levure des boulangers qui a détruit le glucose en excès. La liqueur a été filtrée, portée à l'ébullition et évaporée à sec.

On a épuisé l'extrait par l'éther acétique; les liqueurs éthéro-acétiques ont fourni, par distillation, un extrait qui s'est pris en cristaux après environ 2 mois. On a fait recristalliser le produit dans l'acétone anhydre et on l'a fait sécher, jusqu'à poids constant, dans le vide sulfurique (poids : $0^g,90$ environ).

Propriétés. — Le propylglucoside α se présente sous forme de longues aiguilles souples. Il est inodore et possède une saveur légèrement amère; il n'est pas hygroscopique. Il est très soluble dans l'eau, assez soluble dans l'acétone et dans l'éther acétique.

Le pouvoir rotatoire du corps séché dans le vide sulfurique, pour une concentration de $1^g,1360$ pour 100^{cm^3}, est $\alpha_D = +140°,8$. Il ne réduit pas la liqueur cupropotassique.

En solution aqueuse, il est facilement hydrolysé par la glucosidase α; l'indice de réduction enzymolytique trouvé au cours de ce dédoublement a été de 404 (calculé 411).

Allylglucoside α.

Préparation. — Des expériences préliminaires ayant montré que c'était également dans l'alcool allylique à 15^c que la synthèse se faisait le mieux, on a préparé le mélange suivant :

Macéré de levure (1^g pour 100^{cm^3})......	300^{cm^3}
Glucose............................	60^g
Eau distillée	2250^{cm^3}
Alcool allylique	450^{cm^3}

Le mélange renfermait donc, pour 100^{cm^3}, 15^{cm^3} d'alcool allylique et 2^g de glucose. La rotation du mélange a passé, en 15 jours, de $+2°$ à $+2°38'$ ($l=2$).

La réaction terminée, on a conduit l'opération comme il vient d'être dit pour le propylglucoside α. Toutefois, on n'a pas évaporé complètement la solution éthéro-

acétique; on l'a concentrée à un petit volume : il s'est fait un dépôt sirupeux, peu coloré, que surmontait la liqueur éthéro-acétique. Celle-ci, décantée puis additionnée d'éther ordinaire, a donné des cristaux qui ont servi à amorcer le sirop. Celui-ci s'est pris en masse en quelques jours. Le produit cristallisé a été purifié par recristallisation dans l'acétone anhydre. On l'a séché dans le vide sulfurique (poids : $0^g,75$ environ).

Propriétés. — L'allylglucoside α se présente, au microscope, sous forme de longues aiguilles incolores, flexibles, très déliées. Il est inodore et possède une saveur douceâtre, désagréable; il n'est pas hygroscopique; il fond peu nettement en un liquide épais entre 85° et 90°. Il est très soluble dans l'eau.

Le pouvoir rotatoire du corps séché dans le vide sulfurique, pour une concentration de $1^g,1766$ pour 100^{cm^3}, est $\alpha_D = +131°,72$. L'allylglucoside α ne réduit pas la liqueur cupropotassique.

En solution aqueuse, il est rapidement dédoublé par la glucosidase α : le macéré de levure au centième a hydrolysé totalement en moins de 24 heures une solution d'allylglucoside à $0^g,588$ pour 100^{cm^3} ($t = 17°$).

GÉOLOGIE. — *Sur la genèse des minerais de fer sédimentaires.* Note de M. L. **Cayeux**, présentée par M. H. Douvillé.

M. A. Leclère a publié sous ce titre, dans les *Comptes rendus* du 7 avril dernier, une Note dont les conclusions sont en complet désaccord avec les données que je réunis depuis longtemps sur l'origine des minerais de fer sédimentaires. Sans vouloir aborder ici la discussion des différentes vues de l'auteur auxquelles je ne puis souscrire, je limiterai mon étude critique aux faits d'observation.

M. Leclère déclare notamment qu'on retrouve toujours dans les gisements de minerais de fer sédimentaires, non métamorphiques, « l'assortiment complexe de débris, siliceux ou silicifiés, des organismes inférieurs qui vivaient dans les bassins de dépôt, et dont l'ensemble donne au minerai des teneurs en silice localement variables (¹) ». Ces matériaux isolés du minerai par une attaque à l'acide chlorhydrique suivie d'un lavage méthodique « renferment principalement des bactéries silicifiées, des Diatomées, des débris de Spongiaires, d'Échinides et probablement de Crustacés microscopiques (²) ».

(¹) A. Leclère, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1116.
(²) *Ibid.*, p. 1117.

Or, plusieurs de ces éléments qui, au dire de M. Leclère, figurent toujours dans les minerais non modifiés, font absolument défaut dans les centaines d'échantillons de minerais paléozoïques que j'ai soumis à une analyse approfondie. Les mille et quelques préparations que j'ai étudiées ne m'ont fourni ni une frustule de Diatomée, ni un spicule de Spongiaire, ni le plus petit débris de Crustacé. Ajouterai-je que l'existence des Diatomées à l'époque primaire est des plus incertaines, que des « bactéries silicifiées » ne se distinguent en rien de petites concrétions siliceuses et que leur diagnostic est véritablement impossible. Quant aux Échinides, j'en ai signalé la présence sous la forme d'articles d'Encrines, faciles à identifier aux plus faibles grossissements, et visibles dans la roche, non soumise à l'action des acides; mais, sauf dans les minerais eifeliens de l'Ardenne franco-belge, ce sont des organismes d'une grande rareté dans nos gîtes paléozoïques. En présence de ces données, je me vois obligé de conclure que la composition des résidus, indiquée par M. Leclère, vise tout au plus une exception, et ne saurait être *a fortiori* l'expression d'une règle générale.

L'origine des oolithes ferrugineuses, telle que la conçoit M. Leclère, ne tient pas suffisamment compte des faits acquis, et elle présente, par surcroît, tous les caractères d'une hypothèse. Pour l'auteur, les oolithes ferrugineuses seraient engendrées par du sesquioxyde de fer, d'abord fixé par des Algues, et qui réaliserait plus tard la forme oolithique sous l'influence de la fossilisation. A l'appui de sa thèse, M. Leclère signale la présence de « filaments algaires... parfois en assez grande quantité, notamment dans certains minerais terreux de Bretagne d'âge gothlandien ou dévonien ». A la vérité, ces filaments font défaut dans tous les minerais que j'ai examinés, et les seules algues observées sont des *Girvanella* ([1]), c'est-à-dire des végétaux parasites qui, loin de concourir à la genèse des concrétions oolithiques en fixant le fer oxydé, travaillent à les détruire.

Comment de l'oxyde de fer incrustant des algues filamenteuses forme-t-il avec le temps des oolithes constituées par un grand nombre d'enveloppes concentriques d'une extrême finesse et de la plus grande régularité? Le phénomène nous échappe. Mais par contre, on voit dans les minerais mésozoïques une foule d'oolithes indubitablement calcaires subir une minéralisation progressive et passer à des oolithes exclusivement ferrugineuses; on voit dans les minerais, tant primaires que secondaires, une multitude

---

([1]) L. Cayeux, *Les minerais de fer oolithiques de France* (*Études des gîtes minéraux de la France*), fasc. I, 1909, p. 257.

d'organismes calcaires devenir ferrugineux. Dans le cas des oolithes, comme dans celui des organismes, il y a *substitution d'un composé ferrugineux à des corps de nature calcaire et préexistants dont ils épousent la forme et la structure*. Ces faits, passés sous silence par M. Leclère, n'ont rien perdu de leur valeur depuis qu'ils ont été révélés. En nous imposant la conclusion que les oolithes ferrugineuses sont d'anciennes oolithes calcaires, ils offrent l'avantage inappréciable à nos yeux de ne point nous faire sortir du domaine de l'observation.

GÉOLOGIE. — *Structure des chaînes entre le lac Gœktchaï et l'Araxe*. Note de M. **Pierre Bonnet**, présentée par M. H. Douvillé.

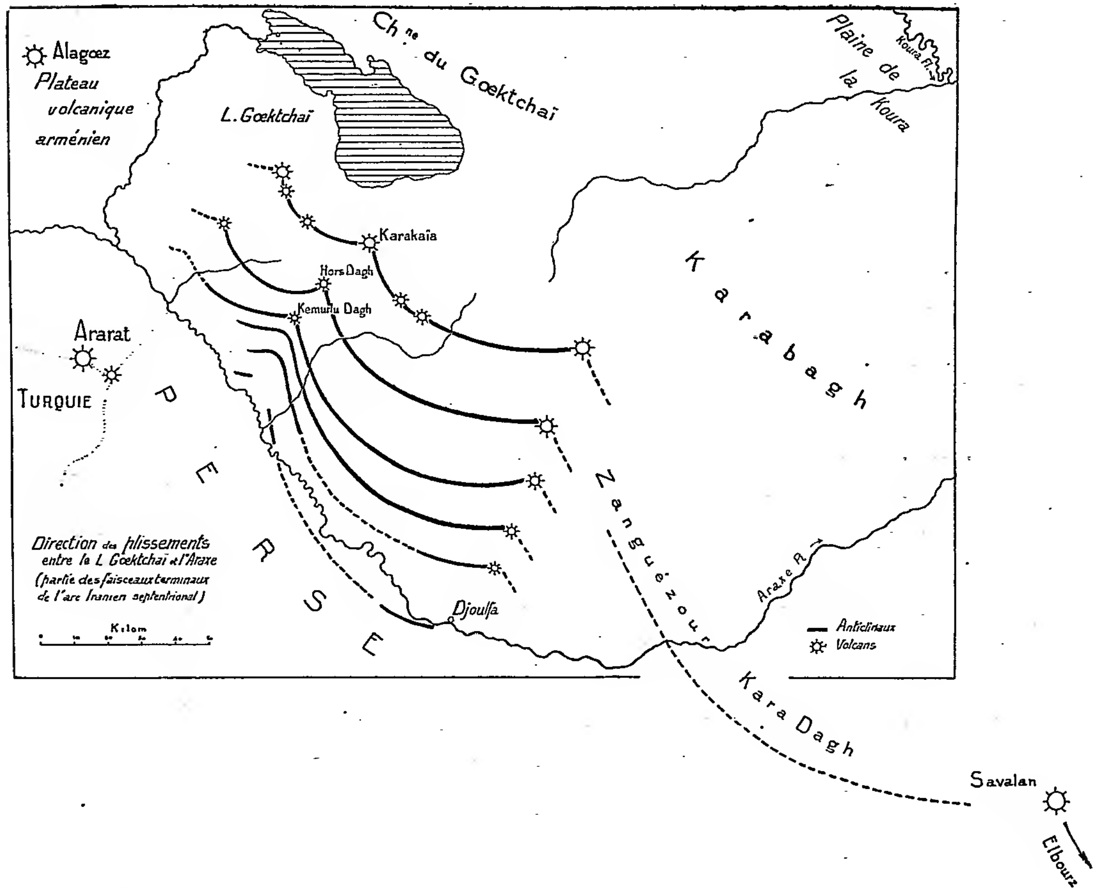
Les chaînes qui s'étendent entre le lac Gœktchaï et l'Araxe se trouvent au voisinage immédiat du raccordement de l'arc taurique avec l'arc iranien septentrional, et font partie des faisceaux terminaux de ce dernier. Ces chaînes présentent une orientation générale SE-NW; mais, dans le détail, les plis qui les constituent montrent une disposition particulière, et leur structure est en rapport avec cette disposition.

J'ai distingué dans cette région, depuis le nord-est du Petit Ararat jusqu'au méridien de Djoulfa, un ensemble de cinq plis anticlinaux, poussés vers le Sud-Ouest, dont chacun se décompose en deux arcs à concavité ouverte au Nord-Est. Ces plis en double feston sont sensiblement parallèles entre eux, et les points de rebroussement des deux arcs de chaque pli se présentent alignés suivant la direction NE-SW.

Chacun des plis est d'autant moins affecté par la poussée qu'il est plus éloigné du Nord-Est d'où est venue celle-ci : considérés du Nord-Est au Sud-Ouest, ils sont déversés d'abord, déjetés ensuite, et s'abaissent peu à peu vers la plaine de l'Araxe pour n'y plus constituer que de simples ondulations. De plus, les effets de la poussée se montrent plus considérables dans le groupe d'arcs oriental, caractérisé par les facies profonds de ses formations, que dans le groupe occidental, dont l'ensemble s'abaisse doucement et progressivement pour s'ennoyer vers le Nord-Ouest. Enfin, chacun de ces arcs étant envisagé séparément, la partie centrale d'un arc apparaît plus influencée par la poussée (Kazan-Iaïla en particulier) que les parties situées au voisinage du rebroussement.

Les phénomènes volcaniques sont également en corrélation avec l'intensité de la poussée et avec cette allure des plis. De nombreux volcans s'élèvent sur le pli le plus

septentrional, présentant la même disposition festonnée que le plissement. Le pli suivant montre un centre volcanique considérable en son angle de rebroussement et quelques autres, moindres, sur le parcours de ses arcs. Dans le troisième pli un volcan unique se dresse au point exact du rebroussement. Enfin, les deux plis les plus rapprochés de l'Araxe paraissent se raccorder suivant une simple courbe. Il semble y avoir, indiqué dans la plaine de l'Araxe par les quelques îlots paléozoïques qui y pointent à travers les alluvions, un sixième pli qui présenterait la même allure et dont ferait



partie l'anticlinal de Djoulfa. Du Nord-Est au Sud-Ouest, c'est-à-dire en s'éloignant de l'origine de la poussée, l'intensité des phénomènes volcaniques diminue donc graduellement et les volcans qui jalonnent le rebroussement offrent des altitudes décroissantes, la jonction semblant s'effectuer, pour les arcs les plus méridionaux, de façon tranquille et sans fracture.

Cette disposition en arcs paraît se poursuivre de part et d'autre de la région considérée. Au Nord-Ouest, tous les plis disparaissent sous les

coulées volcaniques du plateau arménien après un rebroussement probable au nord-est de l'Ararat. Au Sud-Est, les plis en arcs, plus longs que ceux du groupe occidental, semblent se raccorder avec ceux du Zanguézour suivant une ligne de rebroussement volcanisée ici d'un bout à l'autre, du Karabagh à l'Araxe, avec diminution suivant cette direction de l'importance et de l'altitude des appareils volcaniques comme dans le rebroussement précédent. Un nouvel arc, de longueur encore plus considérable, paraît s'étendre au sud-est de cette arête volcanisée, comprenant le Zanguézour sur la rive gauche de l'Araxe et le Karadagh sur sa rive droite; la branche orientale de cet arc aboutirait à la région où se dresse le grand volcan du Savalan, au delà duquel les montagnes du Ghilan commencent le grand arc de l'Elbourz proprement dit. Le prolongement de la branche nord-ouest de celui-ci serait donc formé d'une suite de quatre ou cinq arcs affectant des longueurs de plus en plus faibles jusqu'à la hauteur de l'Ararat et présenterait ainsi une continuation affaiblie du dessin des grands festons asiatiques.

Il est possible qu'une disposition analogue, avec festons poussés dans le même sens, soit ultérieurement reconnue en d'autres chaînes de la région caucasique, en particulier dans les chaînes du Gœktchaï et du Karabagh, et peut-être dans le grand Caucase lui-même.

La séance est levée à 4 heures un quart.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 5 mai 1913.

Rapport annuel sur l'état de l'Observatoire de Paris pour l'année 1912, présenté au Conseil du 16 janvier 1913 par M. B. Baillaud, Directeur de l'Observatoire. Paris, Imprimerie nationale, 1913; 1 fasc. in-4°. (Hommage de M. Baillaud.)

L'Œuvre de Henri Douxami, par Charles Barrois. (Extr. des *Annales de la Société géologique du Nord;* t. XVII, p. 136, séance du 16 avril 1913.) Lille; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Sur l'intégration logique des équations différentielles ordinaires, par Jules Drach. (*International Congress of Mathematicians.* Cambridge, août 1912.) S. l. n. d.; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Darboux, dans la séance du 28 avril 1913.)

Flore de France ou description des plantes qui croissent spontanément en France, en Corse et en Alsace-Lorraine, par Georges Rouy; t. XIV et dernier. Paris, les fils d'Émile Deyrolle, 1913; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Guignard.)

Eugénique, organe de la Société française d'Eugénique; 1re année, nos 1 à 4, janvier-avril 1913. Paris, J.-B. Baillière et fils; 1 fasc. in-8°.

Annales de l'École nationale d'Agriculture de Montpellier; nouvelle série, t. XII, fasc. 3 et 4, janvier-avril 1913. Sommaire : F. Lambert : *Étude sur les moyens à employer pour augmenter la production des cocons.* — Victor Mosseri : *Nouveau système de drainage et de dessalement des terres.* — J. Bolle : *La sériciculture au Japon.* Montpellier, Coulet et fils; 1 fasc. in-8°.

Annals of the Royal Botanic Garden, Calcutta; t. XII, part 1 : *Asiatic Palms-Lepidocaryeæ*, by Odorado Beccari; part 2 : *The species of Daemonorops*, with 109 plates and 2 plates of analytical figures. Calcutta, 1911; 2 vol. in-f°. (Transmis par M. le Ministre des Affaires étrangères, ainsi que les deux Ouvrages suivants.)

Echinoderma of the Indian Museum; part. VII. *Crinoidæ : The Crinoids of the Indian Ocean*, by Austin Hobart Clark. Calcutta, 1912; 1 vol. in-4°.

Records of the Indian Museum (a Journal of indian Zoology); t. IV, n° 10, and Index 1910-1912; t. VII, part 1-4, 1912; t. VIII : *Zoological results of the Abor expedition* 1911-1912, part 1, october 1912. Calcutta; 8 fasc. in-8°.

Indice alfabetico del Bollettino delle pubblicazioni italiane recevute per dirito di stampa della Biblioteca nazionale centrale di Firenze, nel 1912. Florence, 1913; 1 fasc. in-8°.

Catalogue des Écrits académiques suisses, 1911-1912. Bâle, 1912; 1 fasc. in-8°.

Revista technica del Ministerio de Obras publicas; año III, n° 26. Caracas, février 1913; 1 fasc. in-4°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 13 MAI 1913.

Ministère de l'Agriculture. Direction générale des Eaux et Forêts. *Statistique et Atlas des forêts de France*, par M. LUCIEN DAUBRÉE, d'après les renseignements fournis par les Agents des Eaux et Forêts; t. I. Paris, Imprimerie nationale, 1912; 1 vol. in-f°. (2 exemplaires.)

HENRI POINCARÉ. *Analyse de ses travaux scientifiques.* Upsal, Almqvist et Wiksells, 1913; 1 vol. in-4°. Reliure maroquin du Levant. (Hommage de M. Mittag-Leffler.)

Acta mathematica, 1882-1912. *Table générale des Tomes* 1-35, rédigée par MARCEL RIESZ. Upsal et Stockholm, Almqvist et Wiksells, 1913; 1 vol. in-4°. Reliure maroquin du Levant. (Hommage de M. Mittag-Leffler.)

La Motoculture, travail mécanique du sol : Principes agrologiques, outillage, pratique agricole, par C. JULIEN. Paris, Hachette et Cie, s. d.; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Tisserand.)

Observation des orages de 1912 *dans le département de la Gironde. Essai de paragrêles électriques*, par M. F. COURTY. (Extr. du *Bulletin de la Commission météorologique de la Gironde*, année 1912.) Bordeaux, imp. Gounouilhou, 1913; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Darboux.)

XXXIXe Bulletin météorologique annuel du département des Pyrénées-Orientales, publié par M. O. MENGEL, Directeur de l'Observatoire; *année* 1910. Perpignan, imp. de Charles Latrobe, s. d.; 1 fasc. in-4°.

The Danish Ingolf-Expedition; t. III, part 3, contents : *Crustacea Malacostraca*, II, by H.-J. HANSEN, with 12 plates and a list of the Stations. Copenhague, Bianco Luno, 1913; 1 vol. in-4°.

Untersuchungen über den Blütenbau der Papaveraceen, von SV. MURBECK, mit 28 Tafeln und 39 Textfiguren. (*K. Sv. Vet. Akad. Handl.*, t. L, n° 1.) Upsal et Stockholm, 1912; 1 fasc. in-4°.

Die Insekten des Antarkto-Archiplata-Gebietes (Feuerland, Falklands Inseln, Süd Georgien). 20. *Beitrag zur Kenntnis der Antarktischen Fauna*, von GÜNTHER ENDERLEIN; mit 4 Tafeln und 35 Textfiguren. (*K. Sv. Vet. Akad. Handl.*; t. XLVIII, n° 3.) Upsal et Stockholm, 1912; 1 fasc. in-4°.

Boletin geologico de Mexico, n° 29; Faunes jurassiques et crétaciques de San Pedro del Gallo, par CARLOS BURCKHARD; texte. Mexico, 1912; 1 vol. in-4°.

Iowa geological Survey; t. XXI : *Annual reports*, 1910 *and* 1911, *with accompanying papers*. Des Moines, 1912; 1 vol. in-4°.

ACADÉMIE DES SCIENCES

SÉANCE DU LUNDI 19 MAI 1913.

PRÉSIDENCE DE M. F. GUYON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du Décret qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. *Bazin*, à Chenôve, pour occuper la troisième place de Membre non résident, créée par le Décret du 17 mars 1913.

Il est donné lecture de ce Décret.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la monométhylcamphoroxime, le nitrile méthylcampholénique et l'acide méthylcampholénique.* Note de MM. **A. Haller** et **Édouard Bauer**.

Le monométhylcamphre a été obtenu pour la première fois, à l'état pur, par M. Minguin (¹) en partant du méthylcamphocarbonate de méthyle. M. W.-H. Glover en reprit l'étude (²) pour préparer certains dérivés parmi lesquels se trouve la méthylcamphoroxime.

Dans une Note parue en 1909 (³) nous avons montré que ce composé peut s'obtenir, en même temps que le diméthylcamphre, par l'action de l'iodure de méthyle sur le camphre préalablement sodé au moyen de l'amidure de sodium. Pour séparer les deux dérivés l'un de l'autre nous avons

---

(¹) Minguin, *Comptes rendus*, t. 112, p. 1369.

(²) W.-H. Glover, *Journ. of chem. Soc.*, t. XCIII, p. 1285-1299.

(³) A. Haller et Ed. Bauer, *Comptes rendus*, t. 148, p. 1645.

traité le mélange par du chlorozincate d'hydroxylamine, dans le but de transformer le monométhylcamphre en oxime et nous avons ensuite soumis le produit de la réaction à une rectification méthodique. Le diméthylcamphre non atteint par l'hydroxylamine passe à 101° sous 11^{mm}, tandis que la méthylcamphoroxime ne distille qu'à 134°-135° sous la même pression.

La *méthylcamphoroxime* $C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CH\,CH^3\\ |\\ C=NOH\end{array}\right.$ a déjà été signalée par M. Glover [1] qui attribue, aux cristaux déposés au sein d'une solution alcoolique étendue, le point de fusion de 55° et le pouvoir rotatoire $[\alpha]_D^{20°} = +30°,3$.

Le produit obtenu par nous se présente sous la forme d'une masse rappelant assez l'aspect du camphre fondu. Il est très soluble dans tous les solvants organiques dans lesquels il ne cristallise qu'après leur évaporation presque totale. Ces cristaux fondent à 60°, distillent à 134°-135° sous 11^{mm} et possèdent une odeur très forte de camphoroxime. Pour une concentration de 0^g,488 dans 10$^{cm^3}$ d'alcool absolu, cette oxime possède le pouvoir rotatoire $[\alpha]_D^{22°} = +25°,15$.

La phényluréthane de cette oxime $C^8H^{14}\left\langle\begin{array}{l}CH\,CH^3\\ |\\ C=NO.CONHC^6H^5\end{array}\right.$ préparée en additionnant une solution de l'oxime dans l'éther de pétrole par de l'isocyanate de phényle, cristallise au sein d'un mélange d'éther et d'éther de pétrole en cristaux prismatiques, brillants et très nets. Ces cristaux fondent à 112°-113°.

A côté de ces cristaux, et plus solubles qu'eux, il se dépose, dans les eaux mères, de fines aiguilles, très ténues fondant à une température légèrement supérieure. Le mélange de ces deux produits, qui ont exactement la même composition, provoque un abaissement du point de fusion de 2° à 3°.

La phényluréthane de l'oxime du méthylcamphre, dérivé du méthylcamphocarbonate de méthyle, fond à la même température de 113°.

Le pouvoir rotatoire des deux carbanilidoximes sont les suivants :

Produit préparé avec le méthylcamphre provenant du méthylcamphocarbonate de méthyle $[\alpha]_D^{22°} = 25°,3$ pour une solution de 0,367 dans 10$^{cm^3}$ d'alcool absolu.

Produit préparé avec le méthylcamphre obtenu par méthylation directe : $[\alpha]_D^{22°} = +24°,8$.

---

(1) *Loc. cit.*

Quant à la phényluréthane cristallisée en fines aiguilles, son *pouvoir rotatoire est nul.*

Il est probable que, dans la préparation de l'oxime du méthylcamphre au moyen du sel de Crismer, le chlorure de zinc mis en liberté à un moment donné de l'opération réagit sur l'oxime formée et détermine sa racémisation.

Nitrile campholénique $C^{11}H^{17}N$. — Entrevu seulement par M. Glover (*loc. cit.*), ce composé prend facilement naissance quand on chauffe à 50°-60° une solution de méthylcamphoroxime dans l'acide chlorhydrique concentré, pendant 30 minutes à 1 heure. On étend d'eau et l'on dissout l'huile formée dans l'éther. Après élimination du dissolvant et rectification on obtient un liquide passant de 105° à 106° sous 15mm sans laisser de résidu appréciable dans le ballon. 50g d'oxime ont fourni 36g de nitrile. C'est un liquide mobile, à odeur très pénétrante et assez agréable.

A l'état pur, le pouvoir rotatoire de ce nitrile $[\alpha]_D^{23°} = +45°$, tandis qu'en solution dans l'alcool absolu (0g,464 dans 10cm³ de C^2H^6O), ce pouvoir est exalté et atteint $[\alpha]_D^{23°} = +53°,9$.

Amide méthylcampholénique $C^{11}H^{19}ON$. — Ce composé prend naissance quand on chauffe à l'ébullition, pendant 12 heures, une solution du nitrile dans la potasse alcoolique à 10 pour 100. Après élimination de l'alcool, on traite le résidu par de l'eau et l'on épuise avec de l'éther. La solution éthérée fournit par évaporation des cristaux de l'amide cherchée. Les eaux mères renferment parfois encore du nitrile non transformé. Quant à la solution alcaline, elle peut contenir de l'acide méthylcampholénique provenant de la saponification de l'amide.

Cette amide, purifiée par cristallisation dans l'alcool ou dans l'éther, fond à 80°-82°, puis se solidifie immédiatement, pour refondre à 91°-92°.

L'analyse montre que le produit fondant à 80°-82° est constitué par de l'amide plus 1mol d'eau, qui peut être éliminée par dessiccation des cristaux dans le vide, sur l'acide sulfurique. Le produit débarrassé de cette eau de cristallisation fond alors à 91°-92°.

Une solution alcoolique de ce produit (à 4,50 pour 100) s'est *montrée complètement inactive.*

Acide méthylcampholénique $C^{11}H^{18}O^2$. — Cet acide prend naissance quand on chauffe le nitrile ou l'amide campholénique avec une solution de potasse plus concentrée et qu'on prolonge la durée de l'ébullition. Même

au bout de 36 heures de traitement, on n'arrive à saponifier que 60 pour 100 du composé azoté. L'acide isolé de son sel au moyen de l'acide sulfurique étendu se présente, après purification, sous la forme d'une masse cristalline fondant à 30° et distillant intégralement à 153° sous 20mm.

Il est complètement inactif vis-à-vis de la lumière polarisée.

Les recherches que nous venons d'exposer montrent : 1° que dans la préparation de la méthylcamphoroxime au moyen du chlorozincate d'hydroxylamine il se forme, probablement, deux oximes, dont l'une est active et l'autre inactive. En effet, l'oxime brut donne deux phényluréthanes déviant, la première, la lumière polarisée à droite, tandis que l'autre est racémique;

2° Que l'oxime droite donne naissance à un nitrile méthylcampholénique droit, lequel fournit par hydratation de l'amide méthylcampholénique inactive et par hydrolyse de l'acide méthylcampholénique inactif.

Il est probable que le nitrile méthylcampholénique, grâce à son activité optique, est l'analogue de l'α-nitrile campholénique, et qu'au cours de son hydratation et de son hydrolyse il subit une transposition moléculaire qui assigne à ses dérivés la forme des dérivés β-campholéniques.

Des nouvelles recherches sont nécessaires pour élucider le mécanisme et les conditions de cette transformation.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'état dissimulé dans les hydrates.* Note de M. DE FORCRAND.

L'attention paraît se porter de nouveau, depuis peu d'années, sur la constitution des hydrates, en particulier des hydrates cristallisés formés par un grand nombre de sels.

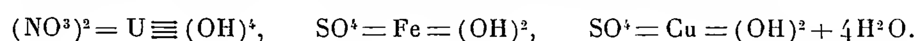
Dans beaucoup de travaux de cet ordre, les auteurs sont conduits à remarquer que pour certains hydrates l'eau semble jouer à peu près le même rôle que si elle n'était pas combinée, tandis que pour d'autres elle paraît donner au sel des propriétés spéciales [1].

---

(1) Je citerai notamment les recherches de Mlle Feytis (*Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 668, et t. 156, 1913, p. 886); de M. Lebeau (*Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 439); de M. Florentin (*Bull. Soc. chim.*, t. XIII, 1913, p. 362). Tout récemment, MM. Chauvenet et Urbain ont développé des considérations analogues (*Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1320).

Implicitement ou explicitement, ces auteurs admettent que, dans ces derniers cas, les sels hydratés sont des *complexes*, dans lesquels l'eau et le sel sont *dissimulés*, tandis que dans les autres hydrates l'eau serait seulement *juxtaposée*.

Quelques-uns précisent, et proposent d'écrire par exemple :



$$(NO^3)^2 = U \equiv (OH)^4, \quad SO^4 = Fe = (OH)^2, \quad SO^4 = Cu = (OH)^2 + 4H^2O.$$

Des travaux de ce genre sont assurément fort intéressants par les faits nouveaux qu'ils apportent.

Beaucoup d'autres viendront sans doute, qui paraîtront confirmer ces conclusions, et l'on en pourrait citer parmi les recherches plus anciennes, ou celles qui se poursuivent.

Ainsi l'étude de la tension d'efflorescence, de la vitesse d'efflorescence, de la densité, de l'indice de réfraction, des propriétés magnétiques, de la température de fusion, ont conduit ou conduiront à des conclusions en général concordantes. Il n'est pas douteux qu'au point de vue cryoscopique certaines molécules d'eau ne se comporteront pas comme la glace (eau de constitution, dira-t-on), tandis que d'autres sembleront juxtaposées.

La raison en est que, sous des formes nouvelles, mais qui ne nous apportent pas plus de lumière, ces constatations reviennent à dire que certaines molécules d'eau sont soudées au sel anhydre avec une énergie très grande, alors que d'autres sont fixées avec une énergie moindre.

Le premier cas correspond à la notion de complexe; le second aux mots : *combinaison d'addition*.

Je remarque seulement que nous connaissons depuis plus d'un demi-siècle une méthode générale et très simple qui nous permet d'exprimer et de comparer les mêmes faits avec une précision autrement grande. Elle consiste à dissoudre séparément, dans un grand excès d'eau, le sel anhydre et ses différents hydrates, et de faire la différence des chaleurs de dissolution, en la rapportant à 1^{mol} d'eau.

Ces différences expriment la chaleur de fixation des molécules d'eau liquide qui s'ajoutent au sel anhydre pour former ses hydrates successifs. Elles expriment par suite la stabilité relative de ces hydrates.

Ces nombres sont *tous* positifs. En fait ils varient de $+1^{Cal},43$ (qui est la chaleur de solidification de 1^{mol} d'eau libre) jusqu'à plus de 51^{Cal}.

On peut donc dire que, rapportés à 1^{mol} d'eau solide, ils varient de 0^{Cal} à 50^{Cal} pour tous les sels, acides ou bases que nous connaissons.

Et comme ces nombres peuvent être déterminés à $0^{Cal},1$ près, en moyenne,

on voit qu'on dispose d'une échelle graduée en 500° pour exprimer la stabilité des hydrates.

On pourra, par suite, la caractériser, dans chaque cas, avec une précision beaucoup plus grande que par l'emploi de ces expressions assurément vagues : complexe, eau de constitution, état dissimulé, combinaison d'addition, eau juxtaposée, etc., lesquelles sont d'un autre âge.

En réalité, il n'y a pas de cas où l'eau serait exactement juxtaposée; ce serait un mélange, un eutectique, non pas une combinaison. Il n'existe pas non plus de cas où l'eau et le sel seraient absolument dissimulés.

De même qu'il n'y a ni acide ni base, mais (à part les deux extrêmes) des composés hydrogénés qui jouent le rôle d'acide par rapport à d'autres, lesquels sont pour eux des bases, et inversement. De même que dans le spectre il n'y a ni jaune ni vert, mais une succession de radiations de longueur d'onde déterminée.

Dans le cas qui nous occupe, les deux extrêmes seraient *actuellement* d'une part la rubidine Rb^2O, H^2O (la chaleur de fixation de H^2O solide sur Rb^2O étant égale à $+ 50^{Cal},05$), d'autre part ces hydrates de gaz cristallisés que nous avons étudiés, M. Villard et moi, il y a une trentaine d'années, et qui donnent des valeurs voisines de $0^{Cal},1$.

De tous les autres hydrates on peut dire à volonté ou bien que ce sont des *complexes*, ou bien que ce sont des *composés d'addition*.

Le seul fait que deux corps purs A et B sont capables de se combiner, entraîne inévitablement cette conséquence que AB est un complexe, attendu que AB, placé dans les mêmes conditions physiques que le mélange A + B, ne se comportera pas exactement de la même manière. Les deux composants A et B y seront toujours dissimulés; mais ils le seront plus ou moins.

AB sera plus ou moins complexe (on disait jadis : plus ou moins stable). Et la mesure de cette complexité ou de cette stabilité sera donnée directement par la valeur thermochimique de la réaction.

Même dans ces hydrates du gaz, si peu stables, le gaz et l'eau sont dissimulés, car ils n'ont plus ni la même tension de vapeur ni le même point de fusion.

Ce n'est pas que je prétende qu'il est dans tous les cas mauvais de construire des théories pour expliquer comment il nous semble que les atomes sont groupés. C'est ainsi que la Chimie organique actuelle s'est faite; et, sans aucun doute, les hypothèses de M. Werner ont mis un peu d'ordre dans le chaos de certaines familles de sels métalliques ammoniacaux.

De même, au cas où une isomérie existe, il est indiqué de chercher à l'expliquer en admettant que l'un des isomères est un complexe, tandis que l'autre en serait un autre, ou bien continuerait à être considéré, faute de mieux, comme une combinaison d'addition. Et ce sera meilleur encore si l'on peut expliquer comment est constitué ce complexe et si on légitime l'hypothèse faite par ses réactions. C'est ainsi qu'a très heureusement raisonné M. Chauvenet pour ses deux chlorures de thorium à $4NH^3$.

Mais dans les cas où il s'agit simplement d'une stabilité plus ou moins grande, que la chaleur de formation exprime d'une façon précise, je ne crois pas que le fait de substituer à nos nombres ces notions vagues de complexe ou de juxtaposition ajoute quoi que ce soit à ce que nous savons, malgré la vogue qu'elles semblent avoir actuellement.

Nous savons d'ailleurs fort peu à ce sujet, et ce que nous savons est assurément très singulier. Ainsi on n'ignore pas que l'hydrate cristallisé de l'éthylène n'est pas l'alcool; que l'hydrate cristallisé du gaz carbonique n'a aucun rapport avec les acides ortho ou métacarbonique. J'ai constaté de même que l'hydrate cristallisé de l'oxyde azoteux est tout différent de l'acide hypoazoteux, et n'en fournit aucune trace ni en se formant ni en se décomposant. Il est probable que des *isoméries* du même genre se produisent pour les hydrates salins et pour les innombrables composés analogues tels que : hydrates d'acides ou de bases, composés d'*addition* formés par les alcools, les phénols, les acides, l'ammoniac, etc. (1).

Mais ce n'est pas parce que nous savons peu qu'il est permis de se faire illusion en appelant *complexes* des hydrates qui se trouveraient un peu plus stables que d'autres.

Je crois avoir montré que les propriétés du dihydrate de nitrate d'uranyle s'expliquent parfaitement par sa stabilité; je ferai voir prochainement qu'il en est de même pour les sulfates hydratés de fer, de manganèse, de cuivre, de zinc, de magnésium.

---

(1) On pourra, sans doute, avancer un peu lorsqu'on connaîtra mieux les phénomènes de polymérisation que présentent l'eau et beaucoup de corps analogues (ammoniac, alcools, etc.). Certains hydrates pourraient contenir de l'eau condensée à des degrés différents. Des tentatives ont déjà été faites en ce sens, notamment par M. J. Duclaux et par M. Rosenstiehl. C'est là, il me semble, que la solution doit être cherchée.

NOMINATIONS.

M. Lippmann est délégué par l'Académie pour assister à l'inauguration du buste de *Pierre Prévot*.

M. le Ministre de l'Instruction publique prie l'Académie de lui faire connaître les noms de ceux de ses Membres qui se proposent de prendre part au *Congrès géologique international de Toronto*.

MM. Barrois et Termier seront désignés à M. le Ministre de l'Instruction publique pour représenter son Département à ce Congrès.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section des Académiciens libres, en remplacement de M. *Louis Cailletet*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 52,

M. André Blondel	obtient......	38	suffrages
M. Arnaud de Gramont	»	11	»
M. Paul Janet	»	2	»
M. Maurice d'Ocagne	»	2	»
M. Désiré André	»	1	suffrage
M. Georges Claude	»	1	»

M. André Blondel, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection de deux membres de la *Commission de vérification des comptes* de l'Exercice 1912.

MM. Deslandres et Dastre réunissent la majorité des suffrages.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection de trois membres de la *Commission du Fonds Bonaparte*. Ces trois membres devront être choisis respectivement dans la Division des Sciences mathématiques, dans la Division des Sciences physiques et dans la Section des Académiciens libres.

MM. P. Villard, pour les Sciences mathématiques; A. Gautier, pour les Sciences physiques; Adolphe Carnot, pour la Section des Académiciens libres, réunissent la majorité des suffrages.

En conséquence, la Commission du Fonds Bonaparte pour 1913, qui sera présidée par le Président de l'Académie, comprendra : M. le Prince **Bonaparte** comme Membre de droit; MM. **Lippmann**, **Émile Picard** et **Villard**, pour les Sciences mathématiques; MM. **A. Gautier**, **Perrier**, **Guignard**, pour les Sciences physiques; M. **Adolphe Carnot**, pour les Académiciens libres.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre du Commerce et de l'Industrie** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux ou trois candidats à la chaire de *Constructions civiles*, vacante au Conservatoire des Arts et Métiers par le décès de M. *Pillet*.

(Renvoi à la Section de Mécanique.)

MM. **Grand'Eury**, **R. Lépine** font part à l'Académie de l'intention qu'ils ont de poser leur candidature à une des places récemment créées de Membre non résident.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Une brochure intitulée : *Jubilé scientifique de M.* Albin Haller. 2 *février* 1913.

2° *Les aspects de la végétation en Belgique*, par Charles Bommer et Jean Massart. — *Les districts flandrien et campinien*, par Jean Massart. (Adressé par le Ministère de l'Agriculture et des Travaux publics de Belgique.)

3° *Revision des Mélobésiées antarctiques*, par Mme Paul Lemoine. (Présenté par M. Mangin.)

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète 1913 a (Schaumasse), faites à l'équatorial de* $0^m,38$ *de l'Observatoire de Bordeaux.* Note de M. **H. Godard**, présentée par M. Puiseux.

Dates. 1913.	Temps moyen de Bordeaux.	Différence en Æ.	Différence en déclinaison.	Nombre de compar.	Æ apparente.	Log. fact. parallaxe.	Déclinaison apparente.	Log. fact. parallaxe.	★.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Mai 16..	13.22.51,2	−2. 8,30	− 3. 8,6	18: 7	20.10.21,67	$-\bar{1},522$	20.13.33,8	+0,643	*a*
» 16..	13.31.13,7	−0.44,89	− 3.34,3	10: 5	20.10.19,83	$-\bar{1},507$	20.13.59,3	+0,634	*b*

Positions des étoiles de comparaison.

★.	Gr.	Æ moyenne 1913,0.	Réduction au jour.	Ⓓ moyenne 1913,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
a.......	8,5	20.11.28,57	+1,40	+20.16.56,7	−14,3	A.G. Berlin B, 7597
b.......	8,9	20.11. 3,31	+1,41	+20.17.47,9	−14,3	A.G. Berlin B, 7585

Le ciel est mauvais; la comète apparaît sous forme de nébulosité diffuse, sans noyau, de grandeur 10,5.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète Schaumasse (1913 a), faites à l'équatorial coudé de l'Observatoire de Lyon.* Note de M. **J. Guillaume**, présentée par M. Puiseux.

Dates. 1913.	Temps moyen de Lyon.	Δα.	Δδ.	Nombre de compar.	α apparente.	Log. fact. parall.	δ apparente.	Log. fact. parall.	★.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Mai 10...	15.27.51	»	− 1.53,3	: 6	»	»	13.32.28,2	+0,730	*a*
» 10...	15.36.44	+0. 1,21	»	8:	20.40.23,39	−9,573	»	»	*a*
» 11...	15.13.29	−0.20,87	+ 4.56,2	12:12	20.36.13,09	−9,559	14.32.56,2	+0,721	*c*

Position des étoiles de comparaison.

★.	α moyenne 1913,0.	Réduction au jour.	δ moyenne 1913,0.	Réduction au jour.	Autorités.
	h m s	s	° ′ ″	″	
a......	20.40.21,06	+1,12	13.34.33,8	−12,3	Anon. 10e,5 rapp. à *b*
b......	20.40.31,98	»	13.14.24,2	»	A.G. Leipzig, I, 8107
c......	20.36.32,77	+1,16	14.28.12,6	−12,6	Id. 8072

Remarques. — Petite comète, circulaire, bleuâtre, condensée au centre; éclat d'environ 10°,5.

GÉOMÉTRIE. — *Nouvelle formule approchée de la longueur de l'ellipse.* Note de M. **Rodolphe Soreau**, présentée par M. Appell.

I. Certaines considérations sur la formule de Wallis m'ont conduit à imaginer, pour la longueur L de l'ellipse, la formule simple

$$L = 4a\frac{k\pi}{\sin k\pi}, \qquad \text{avec} \qquad k = \frac{b}{a+b}.$$

Exacte pour $b = a$ et pour $b = 0$, cette expression est approchée par défaut pour les valeurs intermédiaires, avec une erreur relative très faible, et dont le maximum, qui se produit sensiblement pour $b = \frac{a}{5}$, est de $\frac{3}{1000}$ environ.

La qualité d'une formule approchée ne dépend pas seulement du degré d'approximation qu'elle comporte dans les évaluations numériques. En vue des substitutions auxquelles on peut être conduit dans les développements mathématiques, il est important qu'elle ait la même allure générale que la fonction exacte.

Celle que je présente a cet avantage. En effet, portons $\rho = \frac{b}{a}$ en abscisses et $y = \frac{L}{a}$ en ordonnées; la courbe rigoureuse et la courbe approchée ont non seulement les mêmes extrémités $(\rho = 0, y = 4)$, $(\rho = 1, y = 2\pi)$, mais encore mêmes tangentes à ces extrémités, les coefficients angulaires de ces tangentes étant 0 et π; en outre, pour les deux courbes, les ordonnées croissent de 4 à 2π.

Il n'en est pas de même des formules, d'ailleurs très approchées dans une région fort étendue, qui sont tirées de l'expression générale de Landen, comme celle de M. Boussinesq et celles de M. Williot, où l'erreur croît avec l'excentricité e. A partir d'une certaine excentricité, elles donnent des écarts inacceptables, et suivent une loi tout autre que la fonction exacte.

Ainsi la formule bien connue de M. Boussinesq

$$L = \pi\left[\frac{3}{2}(a+b) - \sqrt{ab}\right]$$

est excellente depuis $e = 0$ jusqu'à $e = 0,9$; mais, au delà de $e = 0,95$ $(\rho = 0,312)$, elle s'écarte notablement de la fonction exacte; alors que

celle-ci continue à décroître, elle passe par un minimum correspondant à $\rho = \frac{1}{9}$, et l'erreur relative atteint 18 pour 100 avec $e = 1$.

La Table ci-dessous indique pour $\frac{L}{a}$, à 0,0001 près : 1° les valeurs exactes; 2° les valeurs de la formule de M. Boussinesq; 3° les valeurs de ma formule avec $k = \frac{\rho}{1+\rho}$, puis avec une expression un peu moins simple de k, à savoir $k = \rho \frac{1 + 0,03\rho}{0,97 + 1,09\rho}$.

			Formule Boussinesq.		Formule Soreau			
					avec $k = \frac{\rho}{1+\rho}$.		avec $k = \rho \frac{1+0,03\rho}{0,97+1,09\rho}$.	
$\rho = \frac{b}{a}$.	e.	Valeur exacte.	Valeur.	Différence.	Valeur.	Différence.	Valeur.	Différence.
0	1	4	4,7124	+0,7124	4	0	4	0
0,1	0,995	4,0639	4,1902	+0,1263	4,0549	−0,0090	4,0574	−0,0065
0,2	0,980	4,2020	4,2499	+0,0479	4,1888	−0,0132	4,1951	−0,0069
0,3	0,954	4,3855	4,4054	+0,0199	4,3731	−0,0124	4,3841	−0,0014
0,4	0,917	4,6024	4,6104	+0,0080	4,5923	−0,0101	4,6025	+0,0001
0,5	0,866	4,8442	4,8475	+0,0033	4,8368	−0,0074	4,8466	+0,0024
0,6	0,800	5,1055	5,1063	+0,0008	5,1007	−0,0048	5,1084	+0,0029
0,7	0,714	5,3823	5,3826	+0,0003	5,3798	−0,0025	5,3851	+0,0028
0,8	0,600	5,6723	5,6724	+0,0001	5,6712	−0,0011	5,6741	+0,0018
0,9	0,436	5,9731	5,9732	+0,0001	5,9729	−0,0002	5,9737	+0,0006
1	0	6,2832	6,2832	0	6,2832	0	6,2832	0

II. J'ai établi la deuxième valeur de k par les considérations suivantes. Au lieu de $k = \frac{\rho}{1+\rho}$, on peut poser plus généralement

$$k = \rho \frac{A + B\rho + C\rho^2 + \ldots}{A' + B'\rho + C'\rho^2 + \ldots},$$

avec

$$\frac{A + B + C + \ldots}{A' + B' + C' + \ldots} = \frac{1}{2},$$

$$\frac{(A' + B' + C' + \ldots)(B + 2C + \ldots) - (A + B + C + \ldots)(B' + 2C' + \ldots)}{(A' + B' + C' + \ldots)^2} = \frac{1}{4}.$$

La courbe représentative a encore mêmes extrémités et mêmes tangentes en ces extrémités que la courbe vraie; on peut disposer des paramètres arbitraires de façon à réduire, dans certaines régions, les écarts, d'ailleurs faibles, obtenus avec $k = \frac{\rho}{1+\rho}$; mais c'est au détriment de la simplicité de la formule approchée.

A titre d'exemple, j'ai déterminé la deuxième expression de k en me contentant d'un seul paramètre arbitraire, que j'ai choisi de façon à obtenir la valeur exacte pour une valeur ρ_1 voisine de 0,4; en deçà de ρ_1, la formule est approchée par défaut; au delà, elle est approchée par excès. L'écart maximum est ainsi réduit de moitié environ.

III. Ma formule peut aussi s'écrire

$$\frac{\frac{L}{2}}{2a} = \frac{\text{arc } 2k\pi}{\text{corde } 2k\pi}.$$

Si donc on décrit sur le grand axe de l'ellipse un arc de cercle d'angle au centre $2k\pi$, cet arc est très sensiblement égal à la demi-longueur de l'ellipse. Suivant la valeur de ρ, les nombres de la Table, multipliés par $\frac{a}{2}$, donnent l'erreur commise.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration des équations aux dérivées fonctionnelles partielles.* Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Hadamard.

Considérons une ligne plane fermée C, une fonction $u(s)$ définie en chaque point de C, s étant la longueur d'arc, et une fonctionnelle Φ dépendant de C et de $u(s)$. Sa variation, si l'on définit la déformation de C par le déplacement δn de chacun de ses points, supposé normal à la courbe, sera supposée de la forme

$$(1) \qquad \delta\Phi = \int_C [\Phi'_u(s)\,\delta u + \Phi'_n(s)\,\delta n]\,ds.$$

Les fonctions $\Phi'_u(s)$ et $\Phi'_n(s)$ sont ce qu'on peut appeler les *dérivées fonctionnelles partielles* de Φ, puisque la connaissance de chacune d'elles ne permet de calculer qu'une partie de la variation de Φ. Par opposition avec ce terme, nous emploierons celui de *dérivée fonctionnelle ordinaire*, dans le cas d'une quantité dépendant seulement d'une ligne plane ou seulement d'une fonction arbitraire, et n'ayant par suite qu'une seule dérivée fonctionnelle.

Considérons l'*équation aux dérivées fonctionnelles partielles*

$$(2) \qquad \Phi'_n(s) = F|(C, u, \Phi'_u; \Phi, s)|.$$

On peut déduire de cette équation la variation de $\Phi'_n(s)$, le déplacement du point considéré étant normal à la courbe C. En remplaçant $\delta\Phi$ par sa valeur (1), la relation obtenue prend la forme

$$(3)\qquad \delta\Phi'_n(s) = \mathrm{H}(\delta\Phi'_u) + \mathrm{L}(\delta u) + \mathrm{L}_1(\delta n),$$

H, L et L_1 étant des fonctionnelles linéaires, dont la forme dépend de Φ, s, de la ligne C, et des fonctions u et Φ'_u.

Nous dirons que deux fonctionnelles linéaires $\mathrm{E}(u)$ et $\mathcal{E}(u)$, dont la forme dépend de s, sont *adjointes* l'une à l'autre si l'on a

$$\int_{\mathrm{C}} v(s)\mathrm{E}(u)\,ds = \int_{\mathrm{C}} u(s)\mathcal{E}(v)\,ds,$$

les fonctions $u(s)$ et $v(s)$ étant quelconques, ou du moins étant seulement soumises à certaines restrictions relatives à leur continuité et l'existence de leurs dérivées successives. Une fonctionnelle linéaire donnée, en dehors de certains cas singuliers que nous supposerons écartés, a une adjointe et une seule qu'on peut toujours former aisément.

A l'aide de cette définition, nous pouvons énoncer le résultat suivant : *La condition nécessaire et suffisante pour que l'équation* (2) *soit complètement intégrable est que l'expression*

$$\mathrm{H}[\mathcal{L}(\delta n)] + \mathrm{H}[k\Phi'_u\,\delta n] + \mathrm{L}_1(\delta n) - \Phi'_u \frac{du}{ds}\frac{d\delta n}{ds}$$

($\mathcal{L}$ étant l'adjointe de L et k la courbure de C) *soit identique à son adjointe.*

Supposons cette condition vérifiée, et cherchons à étendre à l'équation (2) la notion de caractéristique. On peut être guidé dans cette étude par l'analogie entre cette équation et un système de n équations aux dérivées partielles vérifiées par une fonction de $2n$ variables indépendantes.

Donnons-nous, pour chaque courbe C, une détermination v de u, et imposons à Φ de prendre pour $u = v$ une valeur donnée Φ_0. Les variations de v et de Φ_0 étant représentées par

$$\delta v = \mathrm{K}(\delta n), \qquad \delta\Phi_0 = \int_{\mathrm{C}} \varphi(s)\,\delta n\,ds,$$

Φ'_u et Φ'_n sont déterminées, pour $u = v$, par l'équation (2) et l'équation

$$(4)\qquad \varphi(s) = \Phi'_n(s) + \mathcal{K}(\Phi'_u),$$

$\mathcal{K}$ étant la fonctionnelle adjointe de K.

Si l'élimination de $\delta\Phi'_n$ entre l'équation (4) différentiée et l'équation (3) conduit à une équation en $\delta\Phi'_u$ qui se ramène à une équation intégrale de deuxième espèce, il est facile de définir le déterminant fonctionnel des équations (2) et (4) par rapport à Φ'_u et Φ'_n. S'il n'est pas nul, moyennant certaines restrictions sur la nature analytique des données, il existe une détermination de Φ et une seule vérifiant les conditions données. S'il est nul, on peut dire que les données constituent une *caractéristique*. Il n'existe pas alors en général d'intégrale régulière, c'est-à-dire représentable par une série analogue à celle de Taylor, vérifiant les conditions données, et s'il en existe, il en existe une infinité.

Les équations en $\delta\Phi'_u$ et $\delta\Phi'_n$ peuvent même se réduire à une seule. Dans ce cas, la caractéristique considérée sera dite *de première espèce*. Une pareille caractéristique est définie par les équations

$$(5)\quad \begin{cases} \delta u = -\mathcal{H}(\delta n), & \delta\Phi = \int_C [\Phi'_n(s) - \mathrm{H}(\Phi'_u)]\,\delta n\,\delta s, \\ \delta\Phi'_u = \mathcal{L}(\delta n) + k\Phi'_u\,\delta n, & \delta\Phi'_n = \mathcal{L}_1(\delta n) + k\Phi'_u\mathcal{H}(\delta n) + 2\Phi'_u u'\,\delta n' + \frac{d}{ds}(\Phi'_u u')\,\delta n, \end{cases}$$

u', $\delta n'$ étant des dérivées par rapport à s, et $\mathcal{H}$, $\mathcal{L}$ et $\mathcal{L}_1$ étant les adjointes de H, L et L_1.

Ces équations ne sont pas, en général, complètement intégrables. Mais, à chaque détermination initiale de C, u, Φ, Φ'_u, Φ'_n *vérifiant l'équation* (2) correspond, moyennant certaines restrictions sur la nature analytique de ces quantités, une intégrale et une seule des équations (5). Si l'on appelle *élément* un ensemble de déterminations de C, u, Φ, Φ'_u, Φ'_n, on peut dire qu'un élément vérifiant l'équation (2) définit une caractéristique de première espèce.

Les principaux théorèmes de Cauchy s'étendent à ces caractéristiques : *une intégrale de l'équation* (2), *si elle contient un élément d'une caractéristique de première espèce, les contient nécessairement tous. L'intégration de l'équation* (2) *se ramène à celle des équations* (5). Donc l'intégration d'une équation aux dérivées fonctionnelles partielles (du premier ordre), *complètement intégrable*, se ramène à celle d'un système d'équations aux dérivées fonctionnelles ordinaires.

CHRONOMÉTRIE. — *Sur la loi de déformation du spiral plat des chronomètres.* Note de M. **M. Moulin**.

I. Les spiraux des chronomètres de poche s'obtiennent en enroulant ensemble autour d'un même axe trois ou quatre lames. La distance de deux spires consécutives est donc rigoureusement constante par construction. Parmi les différentes courbes en spirale, la développante du cercle est celle qui satisfait à cette condition, et nous admettrons que le spiral possède cette forme.

Nous supposerons, pour le moment, que le spiral est réduit à sa fibre neutre, c'est-à-dire que son épaisseur est nulle. Soit ε la distance de deux spires consécutives; le rayon a du cercle générateur est tel que $2\pi a = \varepsilon$. (En général $\varepsilon = 0^{mm},2$ à $0^{mm},3$; $a = 0^{mm},03$ à $0^{mm},05$.) Soit β_0 l'angle que fait le rayon Oa perpendiculaire à la normale au point M (tangente au cercle) avec une direction d'origine. Le rayon de courbure en M est évidemment

$$\rho_0 = a\beta_0.$$

Quant à la longueur $\mathcal{L}$ du spiral, on l'obtient immédiatement : soit ds la longueur d'une portion infiniment petite du spiral :

$$ds_0 = \rho_0\, d\beta_0 = a\beta_0\, d\beta_0,$$

d'où

$$(1) \qquad \mathcal{L} = \frac{a\beta_0^2}{2} = \frac{R^2}{2a},$$

R étant le rayon de l'extrémité extérieure du spiral. S'il manque quelques spires au centre, comme c'est toujours le cas, puisqu'il faut y loger l'axe et la virole, on a, en appelant r le rayon de l'extrémité intérieure :

$$(2) \qquad \mathcal{L} = \frac{R^2 - r^2}{2a} = 2\pi n \frac{R + r}{2},$$

n étant le nombre de tours ($n\varepsilon = R - r$). C'est n fois la longueur de la spire moyenne. On retrouve ainsi la valeur limite (pour n grand) trouvée par Grossmann pour une spirale d'Archimède. La formule complète de Grossmann n'est pas plus exacte que celle-ci, que j'ai vérifiée non seulement pour des spiraux complets de 15 à 20 tours, mais aussi pour quelques spires prises à l'intérieur ou à l'extérieur d'un spiral.

II. Supposons maintenant que nous fassions agir sur la développante (complète au centre) un couple C tel que la normale à l'extrémité extérieure tourne d'un angle α dans le sens de l'enroulement du spiral, le centre restant fixe. Le rayon de courbure au point M, qui initialement était ρ_0, va devenir ρ et sera donné par la formule bien connue

$$(3) \qquad \frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_0} = \frac{C}{\mu} = \frac{\alpha}{\mathcal{L}},$$

μ étant le coefficient de flexion de la lame. Mais la normale au point M a tourné de $\frac{\alpha s}{\mathcal{L}}$ (s étant la longueur de la courbe comprise entre M et le cercle générateur) et la perpendiculaire Oz à cette normale fait maintenant avec l'origine un angle

$$\beta = \beta_0 + \frac{\alpha s}{\mathcal{L}}.$$

Exprimant l en fonction de β, et posant $b = \frac{3a\alpha}{2\mathcal{L}}$, il vient

$$(4) \qquad \rho = a\beta(1 - b\beta + b^2\beta^2),$$

en négligeant les termes plus petits que $b^2\beta^2$, qui est de l'ordre de 0,01; $\alpha = 4$, $\mathcal{L} = 250^{mm}$, $\beta = 100$; d'où $b = 10^{-3}$; $b\beta = 0,1$.

Quant au nouveau centre de courbure, on trouve qu'il s'écarte extrêmement peu de Oz, et que sa distance à l'axe est devenue

$$(5) \qquad z = a - 2ab\beta.$$

La nouvelle courbe n'est donc plus une développante de cercle. C'est une développante de développante de pas variable avec α.

Le spiral reste concentrique à la condition qu'on permette à son extrémité de se placer convenablement. On sait qu'on peut y parvenir au moyen d'une courbe terminale qui diffère peu d'une courbe Phillips (spiral Bréguet). De même, on remplacera les spires intérieures qui manquent par une courbe analogue.

III. Dans les spiraux tels qu'on les réalise, la formule (3) n'est pas applicable en toute rigueur aux spires intérieures dont l'épaisseur n'est pas négligeable par rapport au rayon de courbure. Mais, si l'on remarque que la variation de ce rayon de courbure est de l'ordre du centième de millimètre (pour $\rho_0 = 1^{mm}$ et pour les valeurs de α et $\mathcal{L}$ adoptées ci-dessus), on voit qu'une erreur, même de 10 pour 100, ne donnera qu'une variation

de l'ordre du millième de millimètre. L'erreur est d'ailleurs bien plus petite que 10 pour 100, et la formule (3) est toujours applicable.

IV. Nous avons supposé jusqu'ici que le centre était fixe. En réalité c'est l'extrémité extérieure qui est fixe. Il suffit de faire tourner l'ensemble d'un angle $-\alpha$.

Quand le balancier tourne d'un angle α dans le sens de l'enroulement du spiral, les spires extérieures tournent avec lui, et leur rayon varie peu, de sorte qu'elles semblent s'écarter du centre si on les regarde dans une direction fixe. Les spires extérieures au contraire tournent peu et, leur rayon variant beaucoup, elles se rapprochent du centre. Il y a une spire intermédiaire qui paraît rester en repos pendant le mouvement [1].

Considérons une direction Ox' fixe par rapport au piton. Soit M'_0 un point pris sur l'une des spires et dans cette direction. Après rotation, le point M'_0 sera remplacé par un point M' et le rayon de courbure, qui était ρ'_0 pour M'_0, devient ρ' (rayon de courbure en M' après déformation). On trouve finalement pour le changement apparent du rayon de courbure (qui est égal à la distance de l'axe à la tangente au point du spiral considéré) :

$$\rho' - \rho'_0 = \alpha\left(a - \frac{3}{2}\frac{\rho_0'^2}{L} - \frac{3\,a\,\rho'_0\,\alpha}{L}\right).$$

Dans les limites habituelles de l'amplitude, le troisième terme est petit et $\rho - \rho'_0$ est nul pour la spire de rayon ρ'_0 telle que

$$a = \frac{3}{2}\frac{\rho_0'^2}{L} = \frac{3}{2}\frac{\rho_0'^2}{R_0'^2}\,2a.$$

L est ici la longueur totale du spiral, courbe terminale comprise, R'_0 le rayon total du spiral avant que cette courbe soit formée. Finalement, on a

$$\rho'_0 = \sqrt{\frac{1}{3}}\,R'_0 = 0{,}577\,R'_0.$$

J'ai vérifié cette formule sur plusieurs spiraux, soit en repérant la spire immobile par rapport aux goupilles de raquette, ou par des mesures faites

(1) Ce fait est bien connu des régleurs qui en font un critérium de bon centrage du spiral. Il n'en est pas fait mention dans les ouvrages de Chronométrie. C'est M. Tissot, chargé des travaux pratiques de réglage à l'Université de Besançon, qui me l'a signalé pour la première fois.

sur des photographies d'un spiral au repos ou déformé par des rotations du balancier variant entre $+360^\circ$ et -360°. J'ai trouvé un accord aussi bon qu'on pouvait l'espérer entre la théorie et l'expérience.

HYDRAULIQUE. — *Sur les coups de bélier dans les conduites formées de sections de diamètres différents.* Note de M. DE SPARRE, présentée par M. H. Léauté.

Dans les hautes chutes, on est souvent amené à former la conduite de sections dont le diamètre va en diminuant à mesure que l'on s'éloigne de la prise d'eau et que par suite la pression augmente.

On pourrait croire que le coup de bélier ne saurait en aucun cas dépasser la valeur qu'il aurait si la conduite avait partout le diamètre de la partie inférieure, où la vitesse de l'eau est la plus grande. L'élargissement de la partie supérieure diminuant, en définitive, la force vive totale de l'eau emmagasinée dans la conduite. Il n'en est toutefois rien, *pour une fermeture brusque*, ainsi que nous allons le montrer par un exemple simple.

On sait que lorsque la conduite a partout le même diamètre on a, dans le cas d'une fermeture brusque, d'après la théorie de M. Allièvi, pour la valeur du coup de bélier,

$$\frac{a v_0}{g},$$

où v_0 est la vitesse de régime, g la gravité et a la vitesse de propagation (1); de plus, si l désigne la longueur de la conduite, ce coup de bélier se maintient pendant une durée

$$T = \frac{2l}{a}.$$

Il est ensuite suivi d'un coup de bélier négatif de même valeur absolue et de même durée. Le phénomène présente une série d'oscillations semblables, la durée d'une oscillation complète étant $2T$.

(1) Donnée d'après M. Allièvi par la formule

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + K\frac{d}{e}}},$$

où d et e sont le diamètre et l'épaisseur de la conduite et où $K = 0,5$ pour le fer et l'acier et $K = 1$ pour la fonte.

Supposons maintenant une conduite formée de trois sections, la dernière à la partie inférieure de longueur l, de diamètre d et où la vitesse de propagation est a, les longueurs, diamètres et vitesses de propagation pour les suivantes étant l', d', a' et l'', d'', a'', et supposons de plus qu'on ait

$$\frac{l}{a} = \frac{l'}{a'} = \frac{l''}{a''}.$$

Considérons alors des périodes élémentaires de durée

$$T_1 = \frac{2l}{a},$$

et désignons par ζ_n la valeur du coup de bélier, pour le cas *d'une fermeture totale brusque*, pendant la $n^{\text{ième}}$ période élémentaire, où l'on a, t désignant le temps,

$$\frac{2(n-1)l}{a} < t < \frac{2nl}{a}.$$

Si l'on pose alors

$$\alpha = \frac{a'd^2}{ad'^2}, \qquad \beta = \frac{a''d'^2}{a'd''^2}, \qquad \cos^2\lambda = \frac{1}{(1+\alpha)(1+\beta)},$$

on aura

$$\zeta_n = (-1)^{n-1}\frac{av_0}{g}\left[1 - \frac{4\alpha}{1+\alpha}\,\frac{\sin n\lambda \sin(n-1)\lambda}{\sin\lambda \sin 2\lambda}\right].$$

Cette formule montre que si l'on fait

$$\alpha = 1 \ \ (^1), \qquad \lambda = \frac{4\pi}{13} \ \ (^2),$$

on aura

$$\zeta_7 = 1,56\frac{av_0}{g}.$$

Or, si la conduite avait partout le diamètre de la partie inférieure, le coup de bélier maximum, égal au coup de bélier initial, serait égal à $\frac{av_0}{g}$. On voit donc que, dans ce cas, l'élargissement de la partie supérieure de la conduite aura augmenté le maximum du coup de bélier de 50 pour 100. On remarquera de plus que ce coup de bélier se produit à la fin de la sixième période élémentaire, c'est-à-dire à la fin de la première oscillation complète pour la conduite entière; on a, en effet, pour la période corres-

---

(1) En supposant par exemple $d = d'$, $a = a'$.

(2) D'où l'on conclut $\beta = 0,55$ et, par suite, si $a' = a''$, $d'' = 1,35d$.

pondant à la conduite entière,

$$T = \frac{2l}{a} + \frac{2l'}{a'} + \frac{2l''}{a''} = \frac{6l}{a} = 3T_1,$$

d'où

$$2T = 6T_1 \quad (^1).$$

Dans les expériences d'Allevard, où la partie supérieure de la conduite était plus large, on reconnaît, en soumettant le phénomène au calcul, qu'on aurait dû enregistrer un résultat semblable. Cela a bien eu lieu pour certaines expériences, mais pas dans le plus grand nombre; cette anomalie s'explique par ce fait, que, vu le peu de longueur de la partie élargie, la surpression n'aurait dû se produire que pendant 0,16 seconde environ et que le manomètre employé n'était pas en état d'enregistrer d'une façon rigoureuse des phénomènes d'une durée aussi courte.

ÉLECTRICITÉ. — *Influence des oscillations électriques sur la conductibilité de certains sels métalliques fondus.* Note de M. C. **Tissot**, présentée par M. Lippmann.

En cherchant à réaliser à l'aide de composés homogènes des détecteurs d'oscillations électriques susceptibles de se comporter comme les détecteurs rectifiants dits *à cristaux*, j'ai été conduit à faire agir les oscillations sur différents sels métalliques préalablement fondus.

J'ai fait ainsi certaines observations que je crois intéressantes à signaler.

Tout d'abord, on observe que certains sels fondus se comportent d'une manière singulière quand on leur applique une différence de potentiel continue de valeur convenable. Pour faire l'expérience, on fait fondre le sel dans une petite nacelle de porcelaine dans laquelle sont maintenues parallèlement, et à une distance de 1^{mm} à 2^{mm} l'une de l'autre, deux lames de platine, d'or ou d'argent de 4^{mm} à 5^{mm} de largeur. On peut aussi, plus simplement, coller les extrémités des lames métalliques l'une sur l'autre, à l'aide d'une goutte de sel fondu qu'on écrase entre les lames qu'on a chauffées au préalable, afin d'obtenir une adhérence convenable.

---

(1) Cette remarque est importante, car si les expériences d'Allevard ont montré que, pendant les premières oscillations, le phénomène se conforme à la théorie de M. Alliévi, il tend ensuite à se produire un mouvement d'ensemble.

Après solidification et refroidissement du sel, on intercale les lames comme électrodes dans un circuit qui comprend quelques éléments d'accumulateurs, un réducteur de potentiel, et un galvanomètre muni de shunts convenables.

Pour tous les sels essayés, et que j'indiquerai plus loin, l'allure générale du phénomène est le même.

Dans les conditions indiquées, et à la température ordinaire, ces différents sels présentent une résistance de l'ordre du mégohm. Cette résistance ne change pas tant que la différence de potentiel appliquée demeure au-dessous d'une certaine valeur (de l'ordre du volt environ). Mais si l'on donne à cette différence du potentiel une valeur légèrement supérieure, le système devient progressivement de plus en plus conducteur, l'accroissement de la conductivité étant d'autant plus rapide que la différence de potentiel appliquée est plus grande. La résistance passe ainsi d'une valeur de l'ordre du mégohm à une valeur de l'ordre de quelques milliers d'ohms, par exemple. Dans l'un des cas étudiés (chlorure de plomb), cette conductibilité s'établit au bout de 12 minutes sous l'application d'une force électromotrice de 1,4 volt, au bout de 2 minutes sous l'application d'une force électromotrice de 6 volts, et au bout de 10 à 15 secondes sous l'application d'une force électromotrice de 10 volts.

Au lieu de laisser le système soumis à une différence de potentiel constante, on peut faire croître progressivement la différence du potentiel appliquée : on atteint ainsi très vite une valeur pour laquelle la conductibilité paraît s'établir brusquement.

Lorsque la conductibilité est établie, d'une manière ou de l'autre, par application d'une certaine différence de potentiel, on peut réduire cette différence de potentiel sans la faire disparaître. En opérant progressivement cette réduction, on peut ainsi la réduire à une fraction de quelques dixièmes de volt.

Dans tous les cas, et quelle que soit la valeur de la différence de potentiel appliquée au système lorsqu'il est devenu conducteur, *si l'on fait alors agir sur lui des oscillations électriques d'intensité suffisante, la conductibilité disparaît immédiatement.*

On peut disposer l'expérience de la même façon que les expériences classiques sur les cohéreurs en excitant le système à distance par l'étincelle d'une petite bobine d'induction ou simplement par l'étincelle de rupture d'un trembleur. A chaque étincelle il se produit alors, pour employer le

langage consacré par la technique de la T. S. F., une *décohération* du système.

Cette décohération se produit d'ailleurs pour une intensité d'autant plus faible des oscillations que la différence de potentiel appliquée au système est elle-même plus petite.

Quand la décohération s'est produite sous l'action d'oscillations, et qu'on laisse appliquée la différence de potentiel continue, le système redevient conducteur. Cette chute de résistance ou *recohération* se produit en général progressivement comme le phénomène initial, mais d'une manière beaucoup plus rapide. Elle met également à se produire un temps d'autant plus court que la différence de potentiel appliquée est plus grande. En réglant convenablement, pour des oscillations d'intensité donnée, la valeur de cette différence de potentiel, on peut faire en sorte que, la décohération ayant lieu sous l'effet des oscillations, la cohération se produise spontanément aussitôt qu'elles cessent, d'une manière à peu près instantanée.

L'existence de la durée de recohération, si courte soit-elle, semble constituer un certain obstacle à l'utilisation de ce nouveau détecteur d'oscillations électriques à la réception des signaux au son. En revanche, il paraît devoir se prêter à l'enregistrement direct des signaux, car il fonctionne aisément avec un courant local de l'ordre du milliampère : c'est ce que j'ai pu constater en utilisant effectivement ce détecteur à la réception de signaux de T. S. F.

Quoi qu'il en soit, et en dehors de toute question d'application possible à la technique, je crois que le phénomène mérite d'attirer l'attention, car il me paraît assez nouveau et présente un certain caractère de généralité.

Je l'ai en effet reproduit jusqu'ici avec les sels suivants : chlorure de plomb, chlorure de thallium, bromure de cadmium, sels haloïdes d'argent, azotate d'argent.

Ce choix de sels peut paraître assez arbitraire. On observera qu'il se trouvait imposé, dans le mode opératoire que j'ai adopté, par la nécessité de faire usage de sels suffisamment inaltérables et capables d'être fondus à l'air sans décomposition.

PHYSIQUE. — *Déduction de la loi de Planck de la distribution de l'énergie par l'hypothèse d'agglomération.* Note [1] de M. **Carl Benedicks**, présentée par M. H. Le Chatelier.

1. Il est naturel de se demander [F. Richarz [2], dès 1893, J. Duclaux [3]], si des variations moléculaires ne peuvent pas expliquer les variations de la chaleur atomique des solides.

Je me propose de montrer ici brièvement que l'hypothèse de l'*agglomération* [4] progressive des atomes des solides à température absolue T décroissante, jusqu'à ce que pour $T = 0$ il ne reste plus de liberté d'agitation thermique, peut conduire à la loi de Planck, base de la théorie moderne de la chaleur atomique (Einstein et d'autres).

2. Considérons une molécule d'un solide cristallisé; son énergie W à $T = 0$ étant désignée par le point A_0. Si tous ses atomes étaient encore libres à $T = 0$, W augmenterait avec T d'une manière linéaire: $W = 3RT$ (droite A_0B_0). Si les atomes sont agglomérés, W augmentera bien plus lentement, ayant $\frac{dW}{dT} = 0$ pour $T = 0$ (il n'y aura absorption d'énergie thermique qu'à mesure que les atomes se seront désagglomérés ; pour des T élevées ils le seront complètement). W suivra donc une courbe A_0B, ayant l'asymptote AB parallèle à A_0B_0 (voir la figure). Pour des T élevées on aura

$$W = 3RT - W_0,$$

en indiquant par W_0 l'énergie (encore complètement inconnue, mais constante) A_0A. Une expression exacte à toutes les T s'obtient en écrivant

$$W = 3RT - W_0 + F(T), \tag{1}$$

---

(1) Présentée dans la séance du 5 mai 1913.

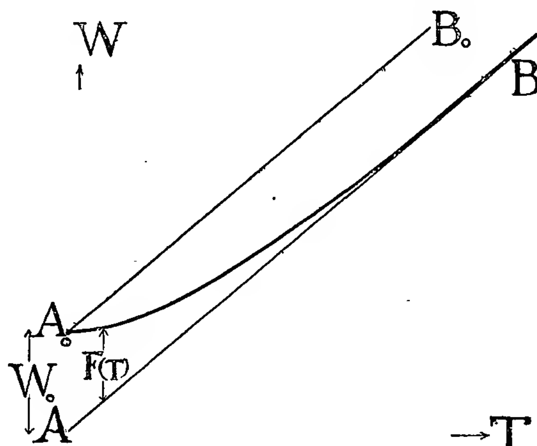
(2) F. Richarz, *Zeitschr. f. anorg. Chem.*, t. LVIII, 1908, p. 356; t. LIX, 1908, p. 146.

(3) J. Duclaux, *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 1015, 1509.

(4) Nous employons le terme *d'agglomération* (au lieu de polymérisation, association, etc.) afin d'indiquer qu'il n'est pas nécessaire d'invoquer des forces chimiques.

où F(T) est une fonction qui représente l'énergie de l'agglomération. Tout revient à la détermination de F(T).

3. Il y a deux facteurs qui doivent avoir une influence prépondérante sur F(T): 1° la *cohésion* qui dans les cristaux est de nature vectorielle; elle a la tendance de rapprocher les atomes en les orientant; 2° l'*agitation thermique*, dont l'influence sera d'écarter, de désorienter les atomes agglomérés. Ce problème est étroitement lié au cas calculé par M. Langevin [1]



d'un gaz paramagnétique dans un champ magnétique orientant. Admettons que l'énergie d'agglomération obéit à la loi de Langevin, comme M. Weiss [2] admet qu'est le cas du ferromagnétisme, on arrive à trouver plus ou moins plausible la formule

$$F(T) = W_0\left(\coth\frac{W_1}{3RT} - \frac{3RT}{W_1}\right), \tag{2}$$

où W_1 est une constante individuelle. On obtient de (1)

$$W = 3RT - W_0 + W_0 \coth\frac{W_1}{3RT} - 3RT\frac{W_0}{W_1}. \tag{3}$$

Dans le cas spécial où $W_1 = W_0$, (3) se simplifie considérablement :

$$W = W_0\left(\coth\frac{W_0}{3RT} - 1\right). \tag{4}$$

(1) P. Langevin, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. V, 1905, p. 70.

(2) P. Weiss, *Bull. Soc. franç. Phys.*, 1907, fasc. 1 et 2, et d'autre part.

Écrivant explicitement la fonction hyperbolique, on trouve, après quelques transformations faciles, que (4) se transforme en

$$(5) \qquad W = 3R \frac{\frac{2W_0}{3R}}{e^{\frac{2W_0}{3RT}} - 1} = 3R \frac{\alpha}{e^{\frac{\alpha}{T}} - 1}$$

en posant

$$\frac{2W_0}{3R} = \alpha.$$

La formule (4) est identique à la loi de Planck, pour ce qui est de la forme générale.

4. Il paraît assez plausible que F(T), qui mesure l'agglomération, soit proportionnelle à la cohésion H et inversement proportionnelle au poids atomique A (plus l'attraction est grande et la masse petite, moindre sera la probabilité que l'agitation thermique causera la désagglomération d'un atome), c'est-à-dire $F(T) = \text{const.} \frac{H}{A}$. Développant (2) en série, on obtient, en première approximation,

$$F(T) = \frac{W_0^2}{9RT},$$

ce qui permet d'écrire

$$W_0^2 = c^2 \frac{H}{A}$$

ou

$$(6) \qquad W_0 = c\sqrt{\frac{H}{A}},$$

c étant une constante universelle.

On voit, ce qui est assez surprenant, que (6) est analogue à la formule ordinaire, qui donne le nombre d'oscillations ν par seconde,

$$(7) \qquad \nu = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{C}{A}},$$

où C est une force de direction. Comme il paraît extrêmement probable que la cohésion H est proportionnelle à une force de direction C, nous tirons de (6) et (7)

$$(8) \qquad W_0 = b\nu,$$

b étant une constante universelle. W_0 *pourra donc être exprimée au moyen d'un nombre d'oscillations* ν.

Dès maintenant, si nous posons pour abréger $\frac{2b}{3R} = \beta$, (5) se transforme en

$$(9) \qquad W = 3R \frac{\beta\nu}{e^{\frac{\beta\nu}{T}} - 1}.$$

Cette formule est identique à la loi de Planck (Energieverteilungsgesetz); elle a été obtenue sans le moindre secours de l'hypothèse des quanta.

5. Il va sans dire que ces considérations n'ont pas la prétention d'être définitives; elles font voir cependant, me semble-t-il, que l'hypothèse des quanta n'est pas « la seule qui conduise à la loi de Planck », ce qui a été prétendu. Pour que l'hypothèse des quanta, contraire à la Mécanique, continue à avoir sa raison d'être, il me semble absolument nécessaire qu'on fasse la démonstration, ou qu'il est absurde d'admettre l'existence d'une agglomération, ou bien que cette agglomération, dont on admettra la possibilité, ne pourra pas obéir à la formule de Langevin.

PHYSIQUE. — *Sur les variations du pouvoir rotatoire magnétique dans les changements d'état.* Note de M. J. CHAUDIER, présentée par M. E. Bouty.

Les expériences de H. Becquerel sur le sulfure de carbone et de Bichat sur l'anhydride sulfureux ont montré que le pouvoir rotatoire magnétique de ces corps à l'état gazeux était inférieur au pouvoir rotatoire magnétique calculé, en supposant que le pouvoir rotatoire moléculaire magnétique se conservait dans le phénomène de la vaporisation.

A la suite de mes expériences sur la polarisation rotatoire magnétique des gaz liquéfiés, oxygène, azote ([1]), anhydride carbonique et anhydride sulfureux, j'ai été amené à comparer les valeurs des pouvoirs rotatoires magnétiques de ces corps à l'état liquide et à l'état gazeux.

J'ai complété ces recherches sur les variations du pouvoir rotatoire magnétique dans les changements d'état, en mesurant les pouvoirs rota-

([1]) J. CHAUDIER, *Comptes rendus*, t. 156, p. 1008. Dans cette Note, page 1009, lignes 27 et 32, au lieu de « à 18° », on est prié de lire « à leur température d'ébullition sous la pression atmosphérique ».

toires magnétiques des liquides actifs et celui des solides auxquels ils donnent naissance par congélation.

1° *Pouvoirs rotatoires magnétiques des liquides actifs vaporisés.* — J'ai supposé le pouvoir rotatoire moléculaire magnétique invariable, et, grâce à cette hypothèse, j'ai pu calculer le pouvoir rotatoire magnétique des gaz O, Az, CO^2, SO^2, à l'aide des pouvoirs rotatoires magnétiques de ces corps à l'état liquide. J'ai ramené à 0° ces déterminations, faites aux températures d'ébullition de ces liquides, sous la pression atmosphérique (— 182°,5 pour l'oxygène; — 195°,5 pour l'azote, etc.), en admettant, avec H. Becquerel, que le phénomène variait comme la densité des gaz étudiés.

Sauf pour CO^2, qui était contenu dans un tube de Natterer, les pouvoirs rotatoires magnétiques ont été déterminés sous la pression atmosphérique.

Les données numériques ont été empruntées au *Recueil des Constantes physiques* récemment publié par la Société française de Physique.

J'ai réuni dans le Tableau suivant les résultats de mes recherches, et les valeurs correspondantes des pouvoirs rotatoires magnétiques obtenues expérimentalement par divers observateurs.

Je désigne par t la température du liquide actif pendant la détermination du pouvoir rotatoire magnétique ρ, par ρ' et ρ'' les pouvoirs rotatoires magnétiques à l'état gazeux, calculés et observés (1).

	Température t.	$\rho \times 10^2$ observé à $t°$.	$\rho' \times 10^6$ calculé à $t°$.	$\rho' \times 10^6$ calculé à 0°.	$\rho'' \times 10^6$ observé à 0° et 76cm.
O	—182°,5	0,782	31,6	10,5	6,28 (Becquerel) 5,55 (Siertsema)
Az ...	—195,5	0,415	22,9	6,5	6,92 (Becquerel) 5,49 (Siertsema)
SO^2...	— 10	1,8	36,98	35,5	31,39 (Becquerel) 12,82 (Bichat)
CO^2..	+ 26	0,207	11,6	12,8	13,0 (Becquerel) 8,61 (Siertsema)

Pour compléter ce Tableau, je rappellerai que Bichat, à l'aide des résultats numériques de Becquerel, a calculé le pouvoir rotatoire magnétique de CS^2 à l'état gazeux, et qu'il a obtenu un nombre sensiblement double de celui que fournit l'expérience.

(1) Les résultats de Siertsema ont été calculés avec les formules qui résument ses expériences, et ramenés à 0° et à la pression atmosphérique; ceux de Bichat ont subi une transformation analogue (voir *Recueil des Constantes physiques*, p. 687, et Mémoires déjà mentionnés dans la Note précitée).

De l'examen de ce Tableau et de la remarque précédente, il résulte :

a. Que ρ' est supérieur à ρ'' pour les gaz O, CO^2 (nombre de Siertsema) et CS^2, dont la dispersion rotatoire magnétique s'écarte nettement de la loi de l'inverse du carré de la longueur d'onde (1);

b. Que ρ' est voisin de ρ'' pour les gaz Az, SO^2 (et aussi CH^3Cl, d'après les expériences de Siertsema), dont la dispersion rotatoire magnétique obéit sensiblement à la loi de l'inverse du carré de la longueur d'onde.

Il semble donc exister une relation entre la variation du pouvoir rotatoire magnétique, dans le passage de l'état liquide à l'état gazeux, et la loi de dispersion rotatoire magnétique.

2° *Pouvoirs rotatoires magnétiques des liquides actifs solidifiés.* — Le dispositif déjà décrit m'a permis d'observer, soit successivement, soit simultanément, une même substance active, à l'état liquide et à l'état solide. Les résultats obtenus peuvent se classer dans deux catégories bien distinctes.

a. Le liquide actif congelé se présente sous la forme *cristalline;* alors le pouvoir rotatoire magnétique disparaît complètement. Dans cette catégorie se placent l'aniline, la nitrobenzine, la benzine, le chloroforme, le sulfure de carbone, l'alcool éthylique, etc.

b. Le liquide congelé se présente sous l'état *amorphe*, son aspect est vitreux; le pouvoir rotatoire magnétique se conserve alors intégralement sous les deux états. L'essence de térébenthine, l'alcool amylique, la glycérine, se placent dans cette catégorie. Les expériences sont particulièrement faciles avec la glycérine, qui se maintient longtemps à l'état solide. Avec l'essence de térébenthine, le phénomène est complexe : on doit tenir compte de la polarisation rotatoire ordinaire.

Conclusions. — 1. Dans le passage de l'état liquide à l'état solide, le pouvoir rotatoire magnétique des substances actives se conserve intégralement, si le liquide donne naissance par congélation, à un corps amorphe, d'aspect vitreux; au contraire, il disparaît en totalité, si le liquide congelé se présente sous la forme d'un corps à structure cristalline.

Des observations analogues ont été faites par Biot et Gernez dans l'étude des variations du pouvoir rotatoire ordinaire par fusion ou solidification.

---

(1) Les dispersions rotatoires de CO^2, SO^2, CH^3Cl, ainsi que les calculs et les détails d'expériences, seront publiés dans un Mémoire spécial.

2. Le pouvoir rotatoire magnétique des substances actives, à l'état gazeux, calculé en supposant que le phénomène varie comme la densité (et cette hypothèse permet d'obtenir des résultats assez approchés pour établir une comparaison) est toujours supérieur, dans certains cas presque égal, au pouvoir rotatoire magnétique directement observé.

Ainsi, tandis que le pouvoir rotatoire ordinaire se conserve dans le passage de l'état liquide à l'état gazeux, le pouvoir rotatoire magnétique diminue généralement dans ce changement d'état et peut, pour certains corps, devenir moitié moindre.

De plus, il semble exister une relation entre cette variation et la loi de dispersion rotatoire magnétique des substances actives.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les précautions à prendre pour l'emploi de la résonance dans les essais de câbles électriques destinés à de hautes tensions.* Note de M. **André Léauté**, présentée par M. P. Villard.

Les expériences que je poursuis depuis un an sur l'emploi de la résonance pour l'essai des câbles à haute tension m'ont montré que la méthode indiquée précédemment [1] peut être appliquée sans danger, à condition qu'on prenne certaines précautions pour ne pas déséquilibrer la phase du réseau sur lequel on opère.

Appelons C la capacité du câble dont on veut essayer un conducteur par rapport à la terre; soit L le coefficient de self de la bobine utilisée et ω la pulsation du fondamental. Les résistances sont négligeables, malgré qu'il faille, comme l'a montré M. Blondel [2] tenir compte de l'hystérésis et des courants de Foucault dans leur évaluation; on doit donc, pour un essai au double de la tension normale, réaliser très sensiblement l'une des relations

$$L\omega = \frac{1}{2C\omega} \quad \text{ou} \quad L\omega = \frac{3}{2C\omega}.$$

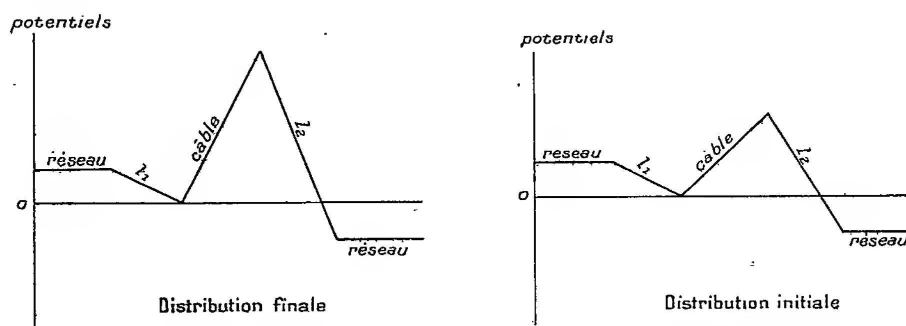
Il est facile de voir que la seconde seule est compatible avec le maintien de l'équilibre sur le réseau.

---

(1) André Léauté, *Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, t. II, 3e série, p. 45.

(2) André Blondel, *Éclairage électrique*, t. LI, 1907.

Encore doit-on éviter d'appliquer brusquement sur le câble le double de la tension de service. On constitue donc L de deux parties l_1 et l_2 placées de part et d'autre du câble, l_1 du côté du plomb, l_2 de l'autre côté, et, au moyen d'un commutateur spécial adjoint à l'appareil, on fait varier progressivement l_1 de $\frac{1}{2C\omega^2}$ à $\frac{1}{4C\omega^2}$ et l_2 de $\frac{3}{2C\omega^2}$ à $\frac{5}{4C\omega^2}$; la phase peut ainsi rester équilibrée, comme le montre le schéma ci-dessous :



Cette manœuvre n'est possible que si l'on dispose au départ d'une self-induction double de la self de résonance, c'est-à-dire si le câble a une très grande longueur.

Quand il n'en est pas ainsi, on fait fonctionner l'appareil comme un transformateur à résonance en divisant la bobine en deux parties, qui agissent l'une sur l'autre par induction. L'équilibre du réseau est, dans ce cas, assuré; mais, en revanche, si l'on ne prédétermine pas quel doit être le rapport des nombres de spires primaires et secondaires, on court le risque d'appliquer sur le câble une différence de potentiel supérieure à celle qui est prescrite. Or, cette prédétermination est rendue difficile par le fait que, pour appliquer ici la théorie du transformateur à résonance [1], il faut considérer les coefficients d'induction L_1, L_2, M comme dépendant du flux d'induction, ce qui crée une grande complication. L'appareil travaille, en effet, en pleine saturation, les ampères-tours primaires étant très petits vis-à-vis des secondaires.

J'ai constaté qu'on arrivait à de très bons résultats en donnant au secondaire le nombre de spires qui, à elles seules, montées en simple bobine de self-induction, feraient résonner le câble. Dans ce cas, on a le droit, puisque les ampères-tours primaires sont négligeables, de simplifier les équations du transformateur au moyen de la relation

$$(E) \qquad L_2\omega^2 C = 1.$$

J'ai d'ailleurs observé que si le courant est fourni, non par un réseau à voltage fixe, mais par un transformateur à forte chute de tension, la diffé-

(1) A. Blondel, *Éclairage électrique*, t. LI, 1907. — Béthenod, *Ibid*, t. LIII. — Voir aussi l'étude de Fleming et celle de Seibt, *E. T. Z.*, 7 avril 1904.

rence de potentiel primaire prend spontanément une valeur telle que la relation (E) soit vérifiée. Par suite de cette simplification, le rapport $\frac{U_2}{U_1}$ des différences de potentiel aux bornes du secondaire et du primaire revêt la forme simple

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{1}{M\omega^2 C},$$

et les trois relations

$$L_2\omega^2 C = 1, \qquad \frac{U_2}{U_1} = \frac{1}{M\omega^2 C}, \qquad I_2 = C\omega U_2$$

m'ont toujours permis de déterminer avec exactitude, au moyen de courbes tracées à l'avance, les nombres de spires produisant aux bornes du câble la tension voulue.

Grâce aux précautions que je viens d'énumérer et en me servant de l'appareil que j'ai construit dans ce but et qui vient de figurer à l'exposition de la Société de Physique ([1]), j'ai pu réaliser un nombre déjà assez considérable d'expériences, dont les principales ont été les suivantes :

Câble à essayer.			Alimentation.		Essai.		
Désignation.	Longueur.	Capacité.	Fréquence.	Voltage.	Voltage.	Puissance apparente.	Montage.
	m	mf				k.v.a.	
Diphasé.....	750	0,180	50	10000	21000	23	Bobine
Triphasé....	940	0,137	50	9000	20000	18	Transformateur
Triphasé....	940	0,137	50	6000	28000	35	Id.
Triphasé....	1000	0,150	50	5000	12200	8	Bobine
Diphasé....	1000	0,240	50	11500	20000	30	Id.
Diphasé.....	1289	0,160	42	12300	25900	27	Id.
Triphasé....	2000	0,300	50	5000	10800	12	Id.
Triphasé....	2800	0,184	42	11800	23000	26	Id.
Triphasé....	8400	1,228	53,3	7500	20500	180	Id.
Triphasé....	12400	1,812	53,3	7500	20500	250	Id.

On voit par cette liste qu'on peut atteindre, pour des longueurs de 10^{km}, des tensions de 20000 à 30000 volts. Ces valeurs suffisent aux besoins actuels de l'Électrotechnique, de sorte que, pour le moment, le problème de l'essai des canalisations souterraines à une tension alternative double de la normale est résolu. Toutefois, l'appareil devrait être modifié si un nouveau progrès dans la fabrication des câbles rendait possible une élévation notable des différences de potentiel auxquels ils sont soumis.

([1]) Cet appareil a été construit de façon que le rendement y fût sacrifié aux considérations d'encombrement.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les machines dynamo-électriques à excitation interne.* Note de M. **R.-V. Picou**, présentée par M. P. Villard.

Les machines dynamo-électriques sont construites en général jusqu'à présent en affectant à chacune des parties qui les constituent mécaniquement les fonctions respectives d'inducteur et d'induit. Ce n'est cependant pas une nécessité d'ordre physique, car il suffit, pour qu'une machine soit transformatrice d'énergie, qu'un bobinage soit en mouvement relatif dans un champ magnétique dont la direction diffère de celle de son champ propre. On peut donc faire porter par la même partie, fixe ou mobile, les bobinages inducteur et induit, et même superposer, dans les mêmes fils, les courants inducteur et induit. C'est l'*excitation interne*.

Dans un anneau du genre Gramme, par exemple, on peut introduire le courant magnétisant par des balais auxiliaires calés à mi-distance des balais principaux et reliés à une source indépendante. La partie fixe reçoit alors simplement un enroulement de compensation du champ du courant induit. On peut encore rendre une telle machine auto-excitatrice, en mettant en court circuit les balais auxiliaires et en faisant le bobinage de compensation légèrement surabondant.

On peut aussi introduire dans le fil induit, au moyen de bagues reliées à des points équidistants, des courants polyphasés, de phase et de fréquences appropriées pour produire le champ fixe d'excitation. Ce dernier mode d'excitation, en particulier, confère à la dynamo des propriétés spéciales dont les principales sont les suivantes : l'entrefer n'est déterminé que par les conditions mécaniques de la construction, et plus du tout par les conditions de bonne commutation; l'excitation en est réduite en proportion; la dispersion magnétique est réduite pratiquement à rien, d'où des conditions d'auto-régulation extrêmement favorables.

Ces propriétés trouvent leurs applications les plus intéressantes dans quelques cas particuliers : ainsi l'excitation des alternateurs, pour laquelle la machine principale fournit elle-même à son excitatrice le courant magnétisant. La compensation des chutes de tension (compoundage) devient alors très facile à réaliser au moyen d'un simple transformateur qui renforce l'excitation en proportion du courant principal.

Pour les machines à courant continu de très grand débit affectées aux grandes applications de l'électrolyse, les difficultés considérables auxquelles a donné lieu la commutation sont évitées sûrement par l'emploi de l'excitation alternative interne. Leur origine est l'impossibilité pratique de maintenir, avec la construction usuelle,

l'égalité des champs magnétiques partiels de ces machines à nombre de pôles nécessairement élevé. Les moindres différences créent entre les forces électromotrices mises en parallèle des écarts d'où résultent d'énormes courants de circulation. Les connexions équipotentielles, d'emploi courant, ne peuvent suffire à corriger ces défauts, ainsi qu'on le démontre facilement. Au moyen de l'excitation alternative, l'égalité des divers champs est assurée rigoureusement et reste telle malgré toutes les variations accidentelles de centrage. Ce sont, en effet, des réluctances et non des résistances qui déterminent le partage des courants magnétisants, et les réluctances tiennent compte automatiquement de toutes les différences d'entrefer.

L'excitatrice, génératrice de courants déphasés, montée en bout d'arbre, est d'une grande simplicité. On peut disposer les choses de manière qu'elle ne comporte ni bagues, ni balais, et que la machine principale elle-même n'ait pas besoin de bagues; il suffit d'établir les jonctions permanentes appropriées entre points homologues des deux bobinages. L'excitatrice n'est alors pas une complication.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La loi de volatilité dans les réactions chimiques*. Note de M. **Camille Matignon**, présentée par M. Le Chatelier.

Dans son remarquable Traité *La Statique chimique*, Berthollet a établi que les acides, les bases et les sels non volatils peuvent réagir complètement sur les sels non volatils, quand l'un des deux produits susceptibles de prendre naissance est volatil dans les conditions de l'expérience.

Cette loi de Berthollet n'est qu'un cas particulier d'une loi générale qui s'étend à toutes les réactions chimiques.

J'ai établi (¹) que les réactions chimiques dans lesquelles interviennent un seul gaz et des corps solides peuvent se classer en trois catégories: celles qui sont théoriquement réversibles dans toute l'échelle des températures, celles qui ne sont réversibles que dans une certaine zone de température, et celles qui sont totalement irréversibles. Si les relations que j'ai données entre la quantité de chaleur mise en jeu et les conditions de réversibilité ou d'irréversibilité ne sont qu'approchées, la classification précédente n'en subsiste pas moins en toute rigueur ainsi que les conséquences que j'en ai déduites. En particulier, la réaction est toujours possible théoriquement dans le sens de la production du système final contenant le terme gazeux.

Bien entendu, pour manifester pratiquement la réaction, il sera nécessaire qu'aucun des constituants des systèmes initial et final ne se détruise avant d'atteindre la température nécessaire à la réaction; par conséquent,

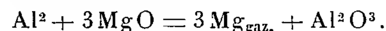
(¹) *Annales de Chimie*, 8e série, t. XIV, 1908, p. 31.

on aura d'autant plus de chances de réaliser effectivement la réaction que tous les constituants seront plus stables.

S'il y a plusieurs gaz dans le système final, ou bien s'il existe des liquides (sans tension de vapeur sensible) à côté des solides dans le système initial, la réaction avec production de corps gazeux dans les conditions de l'expérience est toujours théoriquement possible.

On retrouve donc ici la loi de Berthollet généralisée. Tout système de corps solides ou liquides non volatils, susceptibles de donner naissance, par un nouveau groupement des atomes, à un système contenant des corps volatils, doit entrer en réaction à une température convenable. J'en ai fait récemment diverses applications.

J'ai montré que l'aluminium réduisait la magnésie à une température peu élevée [1], la réduction était dans le domaine des possibilités, car le magnésium est un métal volatil et d'autre part, la magnésie, comme l'aluminium liquide, n'émettent des vapeurs qu'à des températures fort élevées



$$Al^2 + 3MgO = 3Mg_{gaz.} + Al^2O^3.$$

Toutefois, si l'endothermicité de la réaction eût été tellement grande qu'elle eût entraîné, pour rendre la réaction possible, une température où la magnésie et l'aluminium deviennent volatils, le raisonnement précédent eût été en défaut; mais la considération de la chaleur mise en jeu rendait possible cette réaction à des températures inférieures.

Le même raisonnement conduisait à considérer comme très probable, dans une région de température où la réalisation est facile, la réduction de la baryte par le silicium [2]. Ces deux corps sont peu volatils, tandis que le baryum, comme l'a montré M. Guntz, est un élément volatil.

Les propriétés réductrices si curieuses du carbone s'expliquent immédiatement par la loi de volatilité. Le carbone est un corps qui reste solide jusqu'au delà de 3000° sans émettre de vapeurs sensibles; son produit d'oxydation, l'oxyde de carbone, est au contraire un corps volatil stable; aussi les propriétés réductrices du charbon vont-elles en augmentant progressivement, quand la température s'élève, par rapport aux propriétés réductrices des métaux qui forment des oxydes non volatils. Aussi le carbone, malgré la très faible chaleur de formation de son oxyde, reste-t-il l'un des réducteurs les plus puissants dont nous puissions disposer aux hautes températures.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1157.

(2) *Ibid.*, p. 1378.

La loi de volatilité peut s'étendre davantage. Une réaction qui contient des corps volatils dans son système initial et des corps volatils dans son système final est facilitée, à endothermicité comparable, quand les molécules volatiles sont plus nombreuses dans le système final que dans le système initial. Quand je dis que la réaction est facilitée, je veux dire qu'elle exigera une température moins élevée pour sa réalisation. Plus grand sera l'écart entre le nombre de molécules volatiles du système final et le nombre des molécules volatiles du système initial, plus facilement se produira la réaction, pour une même quantité de chaleur absorbée.

L'examen d'un grand nombre de réactions connues montre l'exactitude de l'énoncé précédent. La formule de l'équilibre sous la forme que lui a donnée Nernst (1) permet d'en faire rapidement la vérification.

Soient Q la chaleur absorbée dans une réaction, n et n' le nombre de molécules volatiles dans le système initial et dans le système final, K l'expression des pressions qui reste constante à une même température; nous avons

$$\log K = \frac{Q}{4,57\,T} - (n' - n)\,1,75\log T - (n' - n)\,3,$$

en négligeant le terme en T dont le coefficient est très faible dans la plupart des cas et admettant, pour la constante de Nernst, la valeur moyenne de 3, la même pour toutes les molécules volatiles.

Le premier terme est positif et sa valeur absolue, qui peut être grande à basse température (Q est exprimé en petites calories), diminue rapidement quand la température s'élève; le deuxième terme est négatif, il augmente avec T et sa valeur absolue est d'autant plus grande pour une température donnée que $n' - n$ est lui-même plus grand. On conçoit donc, pourvu que Q n'atteigne pas une valeur par trop grande, qu'on puisse trouver une valeur de T qui soit dans une zone de travail pratique et pour laquelle la valeur de log K devienne petite ou négative, ce qui correspond à l'existence de pressions non négligeables pour les termes gazeux de l'état final, c'est-à-dire en fait à la réalisation pratique de la réaction.

La loi de volatilité, qui peut être considérée comme une loi empirique, est, comme la loi de Berthollet, d'une application extrêmement simple, elle peut rendre des services précieux en Chimie minérale, là où les corps ont souvent une zone de stabilité fort étendue dans l'échelle des températures.

(1) *Nachrichten der Gesellschaft der Wissenchaften zu Göttingen*, 1906.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude du système manganèse-argent.* Note de M. G. **Arrivaut**, présentée par M. Le Chatelier.

L'étude thermique des alliages de manganèse et d'argent a été effectuée par G. Hindrichs (¹) qui conclut à une non-miscibilité partielle à l'état liquide et à l'absence de combinaison.

Une étude antérieure de la question par des voies différentes (²) m'ayant conduit à d'autres résultats, j'ai tenu à la reprendre en faisant appel au concours de plusieurs méthodes.

I. *Étude thermique.* — Le manganèse pur fond à 1235°. L'addition de petites quantités d'argent abaisse son point de fusion jusqu'à 1180°; la concentration du point D de la solution mangano-argentique saturée d'argent est d'environ 94 pour 100 de manganèse.

A partir de cette concentration, les courbes de refroidissement présentent deux points singuliers aux températures constantes de 1180° et 980°, ce qui indique la présence de deux couches liquides. Mais à partir de 31 pour 100 de manganèse, le palier supérieur disparaît et les courbes ne présentent plus que le point inférieur, toujours à 980°, jusqu'à la teneur de 20 pour 100 de manganèse au delà de laquelle sa température commence à s'abaisser jusqu'à 955° pour une richesse de 4 pour 100 de manganèse, pour remonter ensuite jusqu'au point de fusion de l'argent.

La température de 980° à laquelle se trouve placée dans le diagramme l'horizontale CF, supérieure de 19° au point de fusion de l'argent, ainsi que la concordance du point C avec la concentration de 20 pour 100 de manganèse, caractérisent l'existence de la combinaison $MnAg^2$ à 20 pour 100 de manganèse, formant avec l'argent une suite continue de cristaux mixtes dont la courbe d'équilibre serait représentée par la ligne ABC.

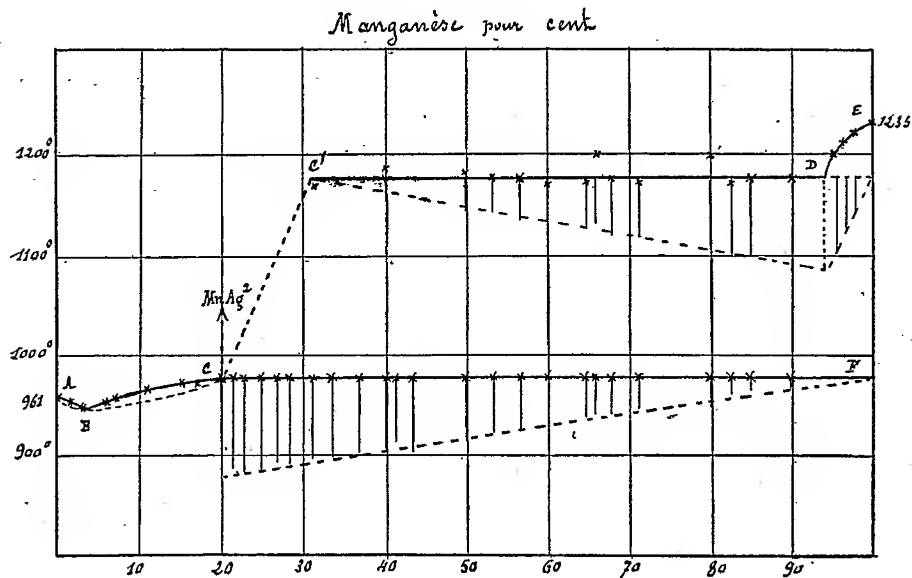
II. *Examen microscospique.* — Les régules à faible teneur en manganèse apparaissent homogènes au microscope. L'acide chlorhydrique étendu ou concentré est sans action et il n'est pas possible de mettre le manganèse

(¹) G. Hindrichs, *Ueber einige Chrom and Mangan Legirungen* (*Zeits. für anorganische Chem.*, t. XXXIX, juillet 1908, p. 437).

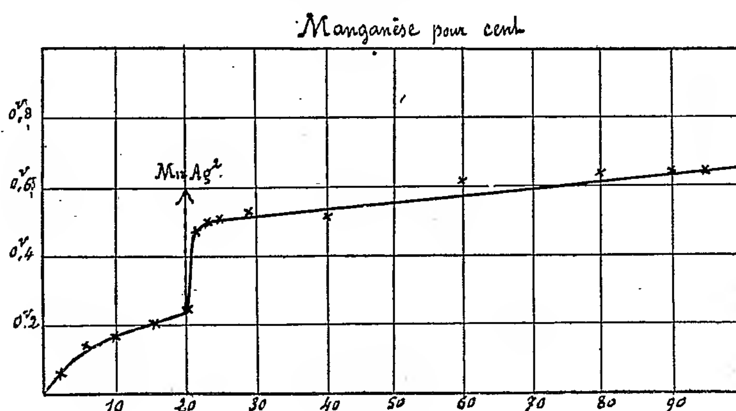
(²) G. Arrivaut, *Sur les alliages de manganèse et d'argent* (*Procès-verbaux de la Soc. des Sc. phys. et nat. de Bordeaux*, 1903-1904, p. 9).

en évidence. Attaqués à l'acide azotique, ils montrent une surface régulièrement rongée comme le serait de l'argent pur.

Il en est ainsi jusqu'à la teneur de 20 pour 100 en manganèse, à partir de laquelle



ce dernier métal commence à apparaître par attaque à l'acide chlorhydrique ou acétique même très étendus, sous la forme de dendrites, de houppes ou de gouttes. La



quantité de manganèse que l'on peut aussi mettre en évidence augmente avec la concentration avec une tendance marquée à se localiser à la partie supérieure jusqu'à ce que l'on arrive à distinguer deux couches nettement séparées, ce qui se produit déjà pour la teneur de 35 pour 100 en manganèse. Au-dessus de cette concentration, la

couche supérieure riche en manganèse s'attaque violemment sous l'action des acides les plus dilués en laissant apparaître des plages plus ou moins arrondies et dentelées, légèrement colorées en jaune, qui sont constituées par la combinaison $MnAg^2$ non attaquée. La couche inférieure riche en argent fait encore légèrement effervescence sous l'action des acides étendus en laissant apercevoir au microscope des dendrites de manganèse se détachant en noir sur le fond clair de la combinaison non attaquée.

III. *Forces électromotrices.* — Elles ont été prises par rapport à une électrode d'argent dépolarisée avec du bioxyde de manganèse et baignant dans une solution à 10 pour 100 de sulfate de manganèse. La chute brusque que l'on constate dans la valeur des forces électromotrices entre les concentrations 20 pour 100 et 23 pour 100 de manganèse caractérise bien la présence d'une combinaison, en même temps que leur décroissance graduée, de 20 pour 100 à 0 pour 100 de manganèse indique la formation de cristaux mixtes entre cette combinaison et l'argent.

IV. *Étude chimique.* — En attaquant par les acides étendus les alliages riches en manganèse, ce dernier métal se dissout seul, et, si l'on a soin de porphyriser et de réattaquer plusieurs fois le résidu, on obtient une poudre brillante retenant une proportion constante de manganèse voisine de 20 pour 100. C'est la combinaison $MnAg^2$. Densité à 0° : 8,81 ; densité calculée 10,39. Sa composition n'est pas modifiée par une dissolution partielle dans l'acide azotique ou l'acide sulfurique concentré et chaud, ce qui est caractéristique d'une combinaison.

Résumé et conclusions. — Ces divers modes d'investigation concordent pour permettre de conclure que le manganèse et l'argent sont susceptibles de former la combinaison $MnAg^2$, dont j'ai signalé l'existence dès 1904. Cette combinaison donne avec l'argent une série continue de cristaux mixtes et sa limite de miscibilité à l'état liquide avec le manganèse est voisine de 30 pour 100 de manganèse.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude quantitative de l'absorption des rayons ultraviolets par les alcaloïdes du groupe de l'atropine.* Note de MM. **Marcel Gompel** et **Victor Henri**, présentée par M. Dastre.

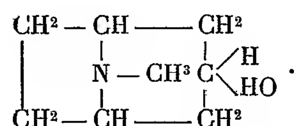
La recherche et le dosage des alcaloïdes dans les liquides et tissus de l'organisme présentent en général de grandes difficultés. Nous avons pensé qu'on pouvait élaborer une méthode nouvelle en se servant de la détermination quantitative des spectres d'absorption dans l'ultraviolet.

Nous présentons maintenant les résultats relatifs à trois alcaloïdes du groupe de l'atropine (noyau pipéridine-pyrrolidinique), ce sont l'atropine, l'apoatropine et la cocaïne.

L'absorption des rayons ultraviolets par les solutions alcooliques a été mesurée par la méthode de photométrie des spectrogrammes. Les constantes d'absorptions moléculaires ε sont calculées par la formule $\mathfrak{J} = \mathfrak{J}_0 . 10^{-\varepsilon c d}$ (c concentration moléculaire, d épaisseur en centimètres).

Nous donnons dans les Tableaux seulement quelques résultats numériques correspondant surtout aux maximum et minimum d'absorption des solutions alcooliques.

1° *Atropine.* — Éther de l'acide tropique $C^6H^5 - \underset{\displaystyle CH^2OH}{\underset{|}{CH}} - COOH$ et de la tropine



Le spectre d'absorption présente trois bandes pour λ = 2645, 2580 et 2505 ; au delà de 2493 l'absorption augmente de plus en plus.

		I.		II.		III.					
		Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.				
λ...	2720	2645	2624	2580	2539	2505	2493	2400	2331	2288	2195
ε...	13	135	70	180	97	135	97	175	565	1100	4175

On se demande dans quel rapport se trouve ce spectre d'absorption de l'atropine avec les spectres de ses constituants. Nous trouvons que la tropine absorbe très peu et ne présente pas de bande, ce résultat est du reste d'accord avec la formule de constitution de la tropine, puisque cette dernière ne possède aucune liaison double.

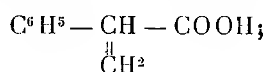
Par contre, le benzène possède au-dessous de 2700 cinq bandes d'absorption ainsi qu'on le voit d'après les nombres suivants :

		I.		II.		III.		IV.		V.		
		Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	
λ...	2700	2607	2583	2549	2525	2483	2458	2438	2375	2365	2265	2195
ε...	11	180	54	210	66	192	60	138	54	84	27	84

On voit que les bandes I, II et III du benzène se retrouvent dans le spectre de l'atropine avec un décalage d'environ 30 unités Ångström vers le rouge et un léger abaissement de l'absorption. Les bandes IV et V du benzène sont masquées par l'absorption très forte, due au reste de la molécule de l'atropine.

Au point de vue de la sensibilité de la méthode spectrographique, on trouve qu'elle peut être appliquée au dosage de l'atropine pour un volume d'un extrait alcoolique de 10^{cm^3}, contenant 5^{mg} de cet alcaloïde.

2° *Apoatropine.* — La formule de constitution diffère de celle de l'atropine seulement par l'existence d'une liaison double

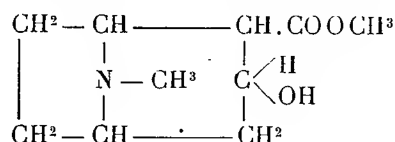


on doit donc s'attendre à ce que l'absorption soit beaucoup plus forte que dans le cas de l'atropine. Les nombres suivants montrent bien cette exaltation de l'absorption; de plus, les différentes bandes du benzène sont effacées et il n'en subsiste plus qu'une seule : 2626.

			Max.	Min.						
λ	2860	2720	**2626**	2575	2444	2395	2331	2307	2265	2195
ε......	54	270	485	280	640	780	1400	1940	2500	10500

La sensibilité de la méthode spectrographique est environ trois fois plus grande que pour l'atropine, c'est-à-dire qu'on peut doser 2^{mg} contenus dans 10^{cm^3}.

3° *Cocaïne.* — Éther de l'acide benzoïque $C^6H^5 — COOH$ et de l'ecgonine méthylée



Le spectre d'absorption de la cocaïne se distingue très fortement de ceux des deux alcaloïdes précédents. Il présente trois bandes d'absorption pour $\lambda = 2814$, 2722 et 2314. La bande 2314 est surtout extrêmement intense, puisque ε est supérieur à 20000, et c'est une région de l'ultraviolet dans laquelle on ne rencontre que très rarement des bandes d'absorption.

			I.		II.					III.			
			Max.	Min.	Max.	Min.				Max.			
λ ...	2900	2852	**2814**	2784	**2722**	2607	2480	2411	2352	**2314**	2265	2195	2144
ε ...	70	480	900	650	1000	540	1600	7000	14000	>20000	14000	9600	5650

Nous avons comparé ce spectre d'absorption avec celui de l'acide ben-

zoïque ; nous trouvons que ce spectre présente les mêmes bandes d'absorption, ainsi que le montrent les nombres suivants :

		I.		II.					III.			
		Max.	Min.	Max.	Min.				Max.		Min.	
λ ...	2852	2790	2752	2700	2590	2480	2411	2325	2300	2265	2230	2195
ε....	210	750	540	> 810	< 540	700	3500	10800	27000	10800	<10000	10800

On voit que la cocaïne présente les trois bandes de l'acide benzoïque un peu décalées vers le rouge.

La troisième bande 2314 est très intense, elle permet de rechercher et doser la cocaïne dans 10^{cm^3} d'une solution alcoolique contenant $\frac{1}{20}$ de milligramme de cet alcaloïde. La méthode spectrographique permet non seulement une recherche qualitative, mais donne un dosage à 5-10 pour 100 près.

DYNAMIQUE CHIMIQUE. — *Sur la combustion des mélanges gazeux et les retards à l'inflammation.* Note (¹) de MM. **Taffanel** et **Le Floch**, présentée par M. Le Chatelier.

Nous avons entrepris, à la station d'essais de Liévin, comme corollaire de nos recherches sur les dangers du grisou et des poussières de houille dans les mines, une étude de la combustion des mélanges gazeux. Nous exposerons, dans la présente Note, quelques résultats relatifs au retard à l'inflammation du grisou, obtenus en reprenant et complétant la méthode dite *du pyromètre*, qu'avaient imaginée, en 1880, MM. Mallard et Le Chatelier.

On fait le vide dans un matras de silice de 300^{cm^3} de capacité, chauffé électriquement. La température est mesurée par un couple thermoélectrique appliqué sur la paroi externe du matras. On dépasse la température d'essai d'une centaine de degrés et on laisse refroidir ; des essais ont montré qu'il y avait alors moins de 5° de différence de température entre les parois externe et interne du matras. Un robinet à large voie, commandé mécaniquement, réalise l'introduction du gaz en moins de $\frac{3}{100}$ de seconde, et se ferme au bout du même temps. Un manomètre enregistreur J. Carpentier, dans lequel une membrane d'acier fléchit sous la pression et fait osciller un miroir, donne, photographiquement, la courbe de variation de la pression en fonction du temps, avec des erreurs largement inférieures aux centièmes de seconde et d'atmosphère.

Le temps d'échauffement du gaz a été évalué par des essais faits avec de l'air pur,

(¹) Présentée dans la séance du 21 avril 1913.

en étudiant l'élévation de pression que produit l'accroissement de température une fois le robinet fermé. A cet instant, il n'y a déjà plus que 100° à 200° de différence entre la température moyenne du gaz et celle de la paroi, et entre $\frac{5}{100}$ et $\frac{12}{100}$ de seconde après, la différence n'est plus que d'une dizaine de degrés.

Les retards ont été comptés à partir de la fin du remplissage, le premier dixième de seconde correspondant à la phase d'échauffement. Sur les diagrammes, on constate que la pression continue ensuite à s'élever faiblement ($\frac{1}{10}$ à $\frac{2}{10}$ d'atmosphère). A l'instant de combustion vive, marqué par une illumination vive du col du matras, il y a une brusque montée de pression qui dure de $\frac{1}{100}$ à $\frac{2}{100}$ de seconde et peut atteindre 1^{atm}. Elle est suivie d'une courbe de détente ramenant la pression initiale en $\frac{1}{10}$ à $\frac{2}{10}$ de seconde. C'est le début de cette montée brusque de pression qui est compté comme fin du retard.

La durée du retard est fonction de la température du vase et de la teneur du mélange, comme le montre le Tableau suivant où les retards sont portés en secondes et centièmes de seconde :

Température.....	700.	725.	750.	775.	800.	825.	850.
12 pour 100 CH^4...	(1)	(1)	4,08	2,52	1,73	1,39	1,11
10 » CH^4...	(1)	1,99	1,43	1,20	1,12	0,74	0,62
8 » CH^4...	0,92	0,83	0,83	0,68	0,68	0,56	0,22
6,5 » CH^4...	1,35	1,48	0,98	0,89	0,72	0,47	0,35
Température.....	875.	900.	925.	950.	975.	1000.	
12 pour 100 CH^4...	0,74	0,30	0,25	0,19	0,00	0,00	
10 » CH^4...	0,54	0,33	0,27	0,27	0,23	0,14	
8 » CH^4...	0,23	0,24	0,20	0,06	0,00	0,00	
6,5 » CH^4...	0,13	0,19	0,01	0,11	0,01	0,00	

Très près de la température d'inflammation, on a observé de longs retards, atteignant 10 secondes. Les retards ont paru d'autant plus courts que la pression était plus forte.

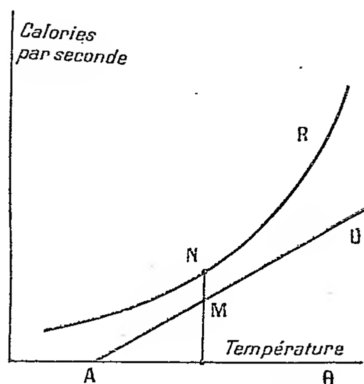
On explique généralement la curieuse propriété du retard à l'inflammation du grisou, en admettant qu'aux températures où l'on observe les retards, la vitesse de réaction est faible pour le mélange gazeux sec, et qu'il faut qu'une certaine quantité d'eau ait été formée par la réaction lente pour que la vitesse de réaction s'accélère et provoque la combustion instantanée. Cette explication est contredite par nos essais. Ayant eu soin de maintenir le réservoir de gaz et les tubulures à 100°, des mélanges explosifs, d'air et de grisou, additionnés de 10 à 20 pour 100 de vapeur d'eau, n'ont pas accusé de diminution systématique des retards.

L'élévation graduelle de pression qui se manifeste pendant la durée du retard, montre que la température du gaz s'élève au-dessus de celle de la

(1) Non inflammation.

paroi et que la réaction lente est très notable. En effet, ayant aspiré, dans un ballon, où l'on avait fait le vide, le mélange gazeux du matras, introduit depuis 0,68 seconde, donc au cours d'une période de retard qui à 735° est de 1,80 seconde pour le mélange à 10 pour 100 de grisou dont il est question, nous avons trouvé une quantité d'acide carbonique dénotant la combustion de 30 pour 100 de grisou.

Nous concluons de nos expériences que le retard à l'inflammation est dû à ce fait que la vitesse de réaction des mélanges gazeux qui manifestent cette



propriété croît moins brusquement, en fonction de la température, que celle des mélanges gazeux à retard non discernable; cette vitesse de réaction, pour le grisou, ne dépend pas sensiblement de la proportion qu'atteignent, en cours de réaction, les produits de la combustion; elle est déjà notable vers 700°; mais ce n'est cependant que vers 900° ou 1000° qu'elle devient assez grande pour produire la combustion vive. Le nombre de calories dégagées dans l'unité de temps est représenté, en fonction de la température, par une courbe telle que R; le nombre de calories transmises par le mélange en combustion lente aux parois du matras est proportionnel à la différence de température, et est représenté par une droite D qui coupe l'axe des abscisses au point A correspondant à la température du vase. Le segment MN mesure le nombre de calories restant dans le mélange gazeux; le temps d'échauffement de θ à $\theta + \Delta\theta$ est inversement proportionnel à la longueur MN; le fait qu'on observe de longs retards prouve que la courbe R reste assez longtemps voisine de la droite D. Les différentes durées de retard que manifestent, dans un même récipient, divers mélanges gazeux, sont simplement la conséquence de différences dans la position et la forme de la courbe R.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les cyanhydrines benzoylées des cétones, les amides et les acides alcools qui en dérivent.* Note de MM. **J. Aloy** et **Ch. Rabaut**, présentée par M. A. Gautier.

La méthode fondamentale de préparation des cyanhydrines, des aldéhydes et des cétones de MM. A. Gautier et Simpson (¹) a été modifiée par divers auteurs en vue d'obtenir les dérivées de ces cyanhydrines. Les cyanhydrines benzoylées des aldéhydes ont été préparées par Francis et Davis (²), puis nous-mêmes (³) en faisant agir sur 1^{mol} d'aldéhyde 1^{mol} de KCN et 1^{mol} de C^6H^5COCl. Mais jusqu'à présent cette méthode n'avait pu être appliquée aux cétones, sauf à la propanone, et encore avec de mauvais rendements.

Guidés par nos recherches antérieures, nous avons pensé que cet insuccès était dû en grande partie à un contact insuffisant des corps réagissants et par un dispositif particulier permettant une agitation intense et continue nous avons pu déjà avec plusieurs cétones obtenir les cyanhydrines benzoylées correspondantes avec des rendements très acceptables.

Mode opératoire. — Dans un récipient refroidi par l'eau de la ville, on place $\frac{1}{10}$ de molécule de KCN à 98-99 pour 100 dans 100^{cm^3} d'eau et l'on ajoute $\frac{1}{10}$ de molécule de l'acétone. Dans le mélange constamment agité, on fait tomber goutte à goutte $\frac{1}{10}$ de molécule de C^6H^5COCl.

Après un temps variable qui n'excède pas en général une demi-heure, il se précipite une matière blanche de consistance pâteuse. On continue l'agitation jusqu'à disparition de l'odeur du chlorure de benzoyle. L'opération demande 2 à 3 heures. On lave à l'eau et l'on épuise par l'éther. L'éther traité par la soude étendue qui enlève l'acide benzoïque, puis soumis à l'évaporation, abandonne des cristaux de cyanhydrine mélangés d'huile. On essore et l'on purifie par cristallisation dans l'alcool.

Ces cyanhydrines sont en général bien cristallisées et stables, plusieurs d'entre elles pouvant être distillées sans décomposition notable. L'intérêt qui s'attache à leur étude est accru par la possiblité de les transformer en amides benzoylées correspondantes et en acides alcools tertiaires débenzoylés peu connus.

En suivant la technique ci-dessus nous avons obtenu avec la propanone

---

(¹) A. Gautier et M. Simpson, *Bull. Soc. chim.*, t. VIII, 1867, p. 277.

(²) Francis et Davis, *Chem. Soc.*, t. XCV, 1909, p. 1043, et t. XCVII, 1910, p. 949

(³) Aloy et Rabaut, *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, t. XI, 1912, p. 389, et t. XIII, 1913, p. 457.

la cyanhydrine $(CH^3)^2 - C\langle{}^{OCOC^6H^5}_{CN}$, cristaux blancs fondant à 36°-37° (rendement 40 pour 100). En dissolvant à chaud ces cristaux dans l'acide sulfurique étendue d'un demi-volume d'eau et en versant la solution dans un grand excès d'eau, l'amide $(CH^3)^2 - C\langle{}^{OCOC^6H^5}_{CONH^2}$ se précipite sous forme de cristaux blancs fusibles à 142°-143°. Chauffée avec de la soude étendue, cette amide se scinde en acide benzoïque et en acide diméthyloxalique ${}^{CH^3}_{CH^3}\rangle C\langle{}^{OH}_{CO^2H}$ fondant à 79°. On sépare ces deux acides par différence de solubilité dans l'eau.

Dans les mêmes conditions, la méthylpropylcétone donne une cyanhydrine ${}^{CH^3}_{C^3H^7}\rangle C\langle{}^{OCOC^6H^5}_{CN}$, liquide sirupeux, que nous avons transformée en amide ${}^{CH^3}_{C^3H^7}\rangle C\langle{}^{OCOC^6H^5}_{CONH^2}$ fondant à 126° et en acide méthylpropyloxalique ${}^{CH^3}_{C^3H^7}\rangle C\langle{}^{OH}_{CO^2H}$ fondant à 46°-47°.

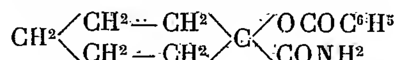
La propione donne la cyanhydrine $(C^2H^5)^2 - C\langle{}^{OCOC^6H^5}_{CN}$ liquide, mais avec un faible rendement.

Nous avons pu cependant obtenir l'amide $(C^2H^5)^2C\langle{}^{OCOC^6H^5}_{CONH^2}$ fondant à 149°-150°.

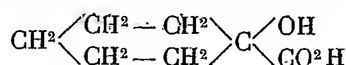
Au contraire, la méthode s'applique bien à la cyclohexanone qui donne la cyanhydrine



très bien cristallisée fondant à 71°, et l'amide

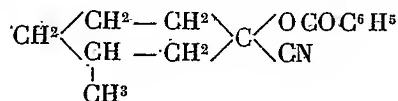


fondant à 118°, puis l'acide cyclohexanol-1-méthyloïque-1

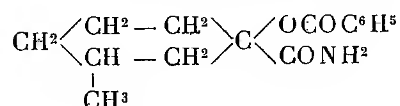


fondant à 108°.

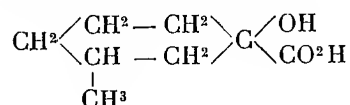
La métaméthylcyclohexanone a fourni la cyanhydrine



fondant à 125°-126°, qui présente la particularité d'être assez peu soluble dans l'éther, l'amide

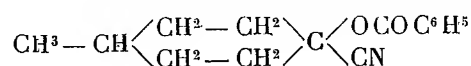


fondant à 135°-136°, et un acide métaméthylcyclohexanol-1-méthyloïque-1

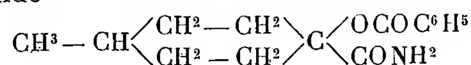


indiqué par Markonikoff.

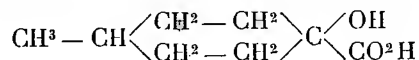
La paraméthylcyclohexanone donne également la cyanhydrine



fondant à 86°, l'amide



fondant à 122°, et l'acide paraméthylcyclohexanol-1-méthyloïque-1



fondant à 80°-81°.

Nous avons préparé les sels d'argent de ces derniers acides.

Ces recherches vont être poursuivies sur d'autres cétones.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la caractérisation des cétones chlorées.* Note de M. E.-E. **Blaise**, présentée par M. Haller.

Au cours de mes recherches antérieures sur les cétones halogénées, j'ai eu à résoudre le problème délicat de l'identification de ces cétones. On rencontre en général, dans la transformation des cétones chlorées en dérivés solides, des difficultés assez considérables, et qui tiennent à la grande tendance des atomes d'halogène à entrer en réaction. L'expérience m'a montré qu'en employant la semicarbazide, dans des conditions convenables, on peut arriver, dans presque tous les cas, à surmonter ces difficultés. Il était d'autre part intéressant de rechercher si les semicarbazones des cétones halogénées ne seraient pas susceptibles de se transformer, par perte d'hydracide, en combinaisons cycliques renfermant trois atomes d'azote dans la chaîne fermée. Mais, dans aucun cas, je n'ai observé la formation de

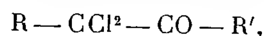
combinaisons de cette nature ou, du moins, je n'ai pas réussi à les isoler avec certitude.

En principe, seules les semicarbozones normales possèdent des points de fusion assez peu élevés pour qu'ils soient propres à une identification. Il en résulte qu'à ce point de vue spécial, ce sont toujours les semicarbazones normales qu'on doit s'efforcer d'obtenir. Encore faut-il noter que, ces composés étant peu stables, le point de fusion n'est pas toujours très net. Il convient de prendre, comme point de fusion, la température d'un bain de mercure au moment où la substance, projetée à sa surface, fond instantanément.

En ce qui concerne la préparation des semicarbazones des cétones chlorées, il convient, dans les cas où cela est possible, d'employer 1^{mol} à $1^{mol},5$ de chlorhydrate de semicarbazide simplement dissous dans l'eau. Presque toutes les cétones chlorées se transforment rapidement en semicarbazones, dans ces conditions; la seule exception que j'aie constatée est relative à la trichlorométhyl-méthylcétone. L'emploi du chlorhydrate de semicarbazide en présence d'acétate de sodium est toujours à déconseiller, car il ne conduit en général qu'à des mélanges de dérivés inséparables. Au cas où la semicarbazone ne le forme pas par action du chlorhydrate de semicarbazide, le mieux est d'employer la semicarbazide libre (une seule molécule) en solution alcoolique, à froid. La purification des semicarbazones des cétones chlorées par cristallisation présente souvent de grandes difficultés, car il s'agit de corps très altérables, et l'altération est beaucoup plus marquée quand on emploie des solvants ionisants. Il convient d'opérer de la manière suivante : la semicarbazone étant essorée, on la lave à l'eau, puis au benzène ou au chloroforme. On la chauffe alors au bain-marie, sans l'avoir séchée au préalable, avec une grande quantité de benzène ou de chloroforme, en ayant soin que la température ne dépasse pas 50°. La solution est additionnée d'un peu de sulfate de sodium sec puis filtrée. Le semicarbazone cristallise lentement par refroidissement.

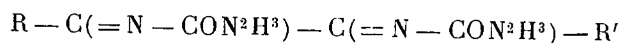
Dans le cas des semicarbazones de cétones α monochlorées, on peut passer très aisément aux semicarbazones des cétones-alcools correspondants; il suffit de laisser en contact, pendant quelques heures, avec une solution aqueuse de carbonate de potassium. De même, en chauffant au bain-marie pendant quelques minutes, avec une solution alcoolique d'acétate de sodium sec, on obtient les semicarbazones des éthers acétiques des cétones-alcools α. On dispose alors de trois points de fusion pour identifier la cétone halogénée primitive.

Dans le cas des cétones dichlorées $CHCl^2 - CO - R$, la semicarbazone normale peut être obtenue ; mais, avec celles qui renferment le groupement



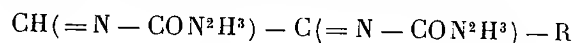
$$R - CCl^2 - CO - R',$$

c'est la disemicarbazone



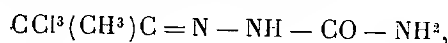
$$R - C(= N - CON^2H^3) - C(= N - CON^2H^3) - R'$$

qui prend directement naissance. Les disemicarbazones



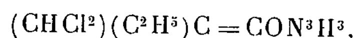
$$CH(= N - CON^2H^3) - C(= N - CON^2H^3) - R$$

se forment également à partir des cétones du type $CHCl^2 - CO - R$ quand on emploie un excès de semicarbazide libre et sont aussi un des produits d'altération des semicarbazones normales correspondantes. Elles se distinguent facilement par leur presque insolubilité dans les solvants organiques, sauf l'acide acétique et l'acide formique



$$CCl^3(CH^3)C = N - NH - CO - NH^2,$$

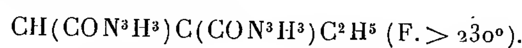
fines aiguilles (F. 140°).



$$(CHCl^2)(C^2H^5)C = CON^3H^3,$$

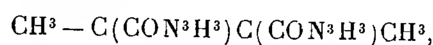
petits cristaux brillants (F. 142°).

Disemicarbazone de l'éthylglyoxal



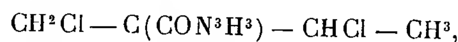
$$CH(CON^3H^3)C(CON^3H^3)C^2H^5 \ (F. > 230°).$$

Disemicarbazone du diacétyle



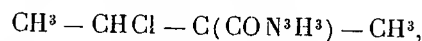
$$CH^3 - C(CON^3H^3)C(CON^3H^3)CH^3,$$

poudre cristalline blanche, presque insoluble, sauf dans l'acide formique (F. > 230°).



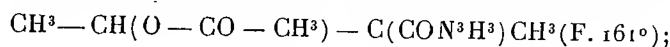
$$CH^2Cl - C(CON^3H^3) - CHCl - CH^3,$$

lamelles fondant à 140° en un liquide rouge.

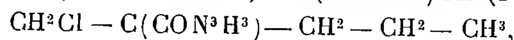


$$CH^3 - CHCl - C(CON^3H^3) - CH^3,$$

lamelles micacées (F. 118°). Traitée par CO^3H^2, donne la semicarbazone de la cétone-alcool correspondante (F. 202°). Avec CH^3CO^2Na, on obtient



$$CH^3 - CH(O - CO - CH^3) - C(CON^3H^3)CH^3 (F. 161°);$$



$$CH^2Cl - C(CON^3H^3) - CH^2 - CH^2 - CH^3,$$

aiguilles (F. 157°).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nature de l'optimum osmotique dans les processus biologiques*. Note (1) de M. ALFRED GUILLEMARD, présentée par M. Gaston Bonnier.

La méthode des cultures synthétiques, telle que l'a présentée Raulin, fait connaître l'utilité des substances chimiques sur le développement des organismes sans expliquer le mécanisme de leur action : aussi avons-nous étudié différemment le rôle de ces substances en comparant leur pouvoir osmotique vis-à-vis des bactéries. Nous avons montré alors qu'il fallait séparer deux actions : concentration moléculaire (2) et affinité des ions (3).

On explique les effets déterminés par la concentration moléculaire à l'aide de la théorie isotonique, mais quelle interprétation donner aux pouvoirs des ions?

Reprenons, en la perfectionnant, une ancienne expérience de Raulin qui consiste à faire végéter l'*Aspergillus niger* dans un vase d'argent. On peut provoquer le développement de cette Mucédinée suivant la façon dont on l'ensemence :

100^{cm^3} de la solution de Raulin étant placés dans un gobelet d'argent, si l'on promène une boucle de platine chargée de spores à la surface du liquide, on obtient quelquefois un mycélium, mais souvent il n'y a pas de culture; si l'ensemencement se fait avec un fragment de mycélium (de la grosseur d'un grain de millet) déposé sur la surface du liquide, on constate presque toujours le développement de la plante; si enfin on ajoute avec une pipette une suspension de spores dans de l'eau stérilisée et rendue bien homogène par agitation, jamais il n'y a trace de végétation et cependant les spores germent et constituent un mycélium si, recommençant l'expérience, on introduit dans le gobelet une lame de verre, pourvu que celle-ci émerge quelque peu hors la solution.

La diversité de ces résultats s'expliquent, comme nous allons le voir, en tenant compte de la nature des contacts et des rapports entre la masse ensemencée et la masse active de la solution. Mais auparavant constatons ce fait très important : que les mycéliums qui se sont développés dans le gobelet contiennent des quantités notables d'argent facilement décelables dans les cendres résiduaires.

---

(1) Présentée dans la séance du 13 mai 1913.

(2) A. GUILLEMARD, *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 20 novembre 1909.

(3) *Ibid.*, 16 juillet 1910.

Maintenant examinons de près les phases qui se sont succédé dans nos expériences. Tout d'abord au contact des parois du vase d'argent la solution de Raulin s'électrolyse fortement : il se fait, d'une part, une concentration très élevée d'électrons positifs qui se portent sur le métal, tandis que les ions négatifs s'accumulent dans le liquide. Donc deux actions se manifestent en présence du micro-organisme : la première indirecte occasionnée par Ag^{+}; la seconde directe due aux ions SO^{4--}, NO^{3-}, etc., et particulièrement HO^{-}; c'est l'excès de cette charge négative qui met obstacle à la germination des spores. Mais si les spores sont en partie soustraites à cette action au contact de la lame de verre, elles peuvent alors germer et constituer un mycélium doué de nouvelles propriétés physiques. En effet ce mycélium, de signe électro-négatif, diminue sa charge électrique (¹) en attirant les ions positifs Ag^{+}, et c'est ce métal, absorbé par les tissus, qui rend la plante capable de lutter et croître dans le milieu toxique. Somme toute, nous sommes en présence d'un processus électrostatique qui tend vers l'établissement d'un équilibre osmotique (qu'on ne doit pas comparer à un équilibre chimique) et cette conception est en concordance avec les conclusions de P. Girard qui assigne, après une série d'études sur la membrane cellulaire, un mécanisme électrostatique aux actions osmotiques (²). Cette théorie peut recevoir de nombreuses applications; elle permet, par exemple, d'expliquer le pouvoir antiseptique de certains médicaments : ce n'est pas le mercure qu'on administre dans quelques affections parasitaires qui est toxique pour les microbes, mais c'est parce que sa présence modifie les propriétés osmotiques des humeurs, en élevant leur tension électrostatique, que l'organisme résiste à l'infection et, si l'on constate dans certains cas l'échec de ce médicament, c'est que le parasite a lui-même absorbé les ions Hg^{+} qui relèvent sa pression au niveau du milieu vital.

Pour en revenir à notre sujet, nous pouvons maintenant expliquer l'action des électrolytes dissociés : les cellules ont une affinité spécifique qui leur permet d'absorber les ions nécessaires à leur équilibre osmotique; mais avant que cet équilibre soit atteint il existe un état électrostatique où la différence de potentiel entre le milieu ambiant et les sucs cellulaires est optimum pour accélérer les échanges nutritifs : lorsque cet optimum est atteint, le développement des organismes se poursuit avec le maximum de vitesse. On comprend alors qu'il puisse exister dans la nature des éléments

---

(¹) Victor Henri, *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 28 juillet 1906.

(²) Pierre Girard, *Comptes rendus*, 4 juillet 1910.

capables de réaliser d'emblée cet optimum osmotique. Il semble bien que ce rôle appartient aux éléments comme le fer, le zinc, le manganèse, etc., dont les composés ont une dissociation moyenne qui les place entre les sels des métaux lourds (Ag, Cu, Hg) et les sels des métaux alcalins et alcalino-terreux. On a cherché à expliquer leur action favorisante sur le développement des végétaux en faisant intervenir la catalyse; on a dit que le fer, le zinc et le manganèse étaient des catalyseurs : nous ne croyons pas qu'on puisse soutenir cette conception, très vague d'ailleurs, en face des théories osmotiques. Contrairement à ce qu'on observe dans la catalyse, la matière vivante absorbe les composés métalliques nécessaires à sa constitution physico-chimique et en appauvrit le milieu extérieur : la vitesse de formation des tissus se produit alors suivant une courbe qui comporte un optimum pour une certaine densité en rapport avec les propriétés du métal, tandis que l'accélération des réactions catalytiques se traduit par une droite continue dont l'inclinaison sur l'axe des x est en relation avec la nature et la concentration du catalyseur.

L'optimum osmotique s'observe avec la plupart des substances chimiques, sinon avec toutes, dans les réactions biologiques. La dose de substance qui le favorise est connue sous le nom de dose d'*excitation* qui précède la dose de *toxicité*.

BOTANIQUE. — *Sur les relations existant entre l'âge des Dicotylédones et le nombre des couches successives de leurs bois secondaires.* Note de M. **Jean Daniel**, présentée par M. Gaston Bonnier.

J'ai montré que, chez certains végétaux ligneux dicotylédonés de nos pays, il est facile de déterminer l'âge de la tige ou de la racine ayant poussé normalement quand la vigueur est suffisante, mais que, à partir d'un certain moment, il est difficile, puis impossible, de déterminer, par le nombre des cernes ou couches annuelles, l'âge des petites branches, des branches mixtes et même du tronc ou de la racine, quand l'arbre décrépit et pousse à peine chaque année [1]. Poursuivant ces recherches,

---

[1] Jean Daniel, *Sur la structure des branches courtes et âgées de quelques arbres* (*Comptes rendus*, juin 1910); *Étude sur les branches longues et les branches courtes de quelques arbres* (*Revue bretonne de Botanique*, 1912).

j'ai étudié, à ce point de vue, la structure des plantes dont les pousses annuelles sont très réduites et les bois peu développés, soit par leur nature spécifique, soit par les adaptations naturelles ou accidentelles qu'elles viennent à subir. Telles sont les plantes parasites à tiges souterraines vivaces, les plantes herbacées vivaces, les plantes grasses, etc.

Quelques-unes de ces plantes possèdent des organes à bois secondaires nuls ou peu marqués et formés d'éléments presque semblables. Dans ces conditions, on ne saurait distinguer des couches concentriques; il en est ainsi dans les rhizomes de diverses Renonculacées (*Anemone nemorosa*, *Isopyrum*, *Thalictrum*, etc.), des Nymphæacées (*Nuphar*, *Nymphœa*); des *Primula officinalis* et *P. grandiflora;* de l'*Helleborus viridis*, etc., comme dans les tiges du *Lathrœa Clandestina*.

On trouve, dans les autres rhizomes des plantes herbacées vivaces, des tissus secondaires ligneux formés d'éléments plus dissemblables; beaucoup de ceux-ci, quoique âgés, n'ont pas de cernes bien marqués; la plupart des rhizomes nettement tuberculeux sont dans ce cas (*Circœa*, *Tussilago*, *Convolvulus*, etc.); le plus souvent, on trouve des cernes concentriques plus ou moins nets.

Mais si l'âge coïncide quelquefois avec le nombre de cernes (*Leucanthemum lacustre*, *Spirœa Ulmaria*, etc.), le plus souvent il n'y a pas concordance, et, dans les rhizomes qui dépassent une durée de 4 à 5 ans, le nombre des cernes est plus ou moins inférieur au nombre des années pendant lesquelles a vécu la plante; cela s'observe aussi bien chez les rhizomes à racines peu développées (*Saponaria officinalis*, etc.) que chez des rhizomes fortement radicants (*Alchimilla* et Rosacées diverses) et dans des racines âgées. Quelquefois on observe des rhizomes reliant pendant un nombre variable d'années les nouveaux pieds au pied mère. Des racines adventives se développent près des nouvelles pousses et les nourrissent, mais le drageon d'union ne reçoit plus de nourriture ou en reçoit exclusivement pour son entretien; il ne forme plus de couches ligneuses, ce drageon étant alors à l'état de vie ralentie, presque léthargique (*Teucrium Scorodonia*, etc.).

Les tiges rampantes, plus ou moins radicantes, quand elles persistent plusieurs années, sont encore un exemple remarquable des mêmes phénomènes.

Tels sont divers végétaux des haies ou des bois qui poussent convenablement quand la lumière est suffisante, mais qui se maintiennent à l'état léthargique à l'ombre épaisse des bois pour pousser à nouveau quand ceux-ci sont coupés (*Viola canina* et *Viola silvestris*, *Potentilla Fragariastrum*, etc.); des plantes à tiges faibles et rampantes (*Saxifraga umbrosa*, *Oxycoccos palustris* et *Oxycoccos macrocarpus*, etc.); des plantes à stolons qui se marcottent en plusieurs années (*Vinca major* et *Vinca minor*, *Hieracium Pilosella*, etc.).

Beaucoup de plantes grasses sont remarquables par la réduction de leurs bois secondaires. Tantôt les cernes n'existent pas pour ainsi dire (*Sedum* divers); tantôt les tiges en présentent, mais alors il est rare d'observer la concordance de leur nombre avec l'âge (*Senecio scandens*). Le plus souvent le nombre des couches est inférieur à l'âge; en outre, la structure est quelquefois asymétrique et dorsiventrale chez diverses plantes grasses cultivées dans nos serres (*Crassula*, *Euphorbia*, *Portulaca*, etc.).

Dans tous les végétaux précédents, le nombre des cernes est inférieur à celui des années pendant lesquelles la plante a vécu. Mais on trouve des cas où ce nombre est supérieur. C'est le cas de la racine de certaines plantes acaules la première année (*Verbascum* divers) ou à tiges s'allongeant tardivement (*Malva rotundifolia* et *Malva silvestris*). Leur racine présente, à sa première année, des séparations dans les bois secondaires telles qu'on croirait être en présence d'une racine âgée de 4 à 5 années. Les plantes remontantes donnent aussi des tiges avec des couches concentriques surnuméraires (*Brassica Cheiranthus*, *Tragopognon*, *Alonzoa*, *Helichrysum*, etc.).

De ces faits on doit conclure qu'on ne peut pas toujours s'appuyer sur la structure anatomique ligneuse de diverses Dicotylédones, même dans les contrées tempérées, pour déterminer leur âge d'une façon exacte, car le nombre de leurs cernes ou couches concentriques, quand il en existe, est souvent inférieur et quelquefois supérieur au nombre d'années que la plante a vécues.

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *Peuplement végétal de la Chaouïa, Maroc.* Note de M. **C.-J. Pitard**, présentée par le Prince Bonaparte.

Au cours de la mission au Maroc, dont la Société de Géographie nous a fait l'honneur de nous charger, nous avons parcouru d'avril à juillet 1912 toute la Chaouïa.

Cette immense région, d'une très grande richesse agricole, devait autrefois être recouverte dans sa partie sablonneuse septentrionale par des forêts broussailleuses très denses de chênes-lièges et dans ses parties argileuses centrale et méridionale par des steppes à palmiers nains.

Ces deux facies, le second surtout, ont été profondément modifiés et réduits par l'extension considérable des cultures, surtout des céréales.

Actuellement il nous est facile de reconnaître en Chaouïa trois zones de

végétation assez distinctes avec deux marges profondément différentes formée par l es deux oueds frontières.

En effet, en pénétrant dans la Chaouïa depuis le rivage jusqu'aux champs rocailleux du Tadla, nous rencontrons trois zones bien distinctes, parallèles à la mer, la basse, la moyenne et la haute Chaouïa, que l'on peut facilement étudier la première aux environs de Casablanca et de Bou Skoura, la seconde dans la plaine de Ber Rechid, la troisième sur le plateau de Settat.

La basse Chaouïa présente une zone littorale de minime largeur, sablonneuse ou rocheuse, et une zone sublittorale ou sahel de 15^{km} à 20^{km} d'étendue, toujours très sablonneuse. La zone littorale, représentée par des sables et de petites dunes ou par des falaises rocheuses peu élevées, a une flore peu variée et sans caractère bien spécial.

Le sahel, au contraire, riche en stations botaniques plus variées, nous offre un tapis végétal plus intéressant. On y rencontre toutes les espèces des décombres, des terrains vagues et des bords de chemins africains, de nombreuses ségétales, auprès des dayas et des sources d'abondantes et d'intéressantes hygrophiles, enfin dans la steppe sablonneuse à palmiers nains un peuplement assez particulier. Toutes ces espèces, à affinités méditerranéennes, sont assez généralement calcifuges par suite de la nature très sablonneuse du sol, dû soit aux dépôts pliocènes, aux grès décomposés ou au sable marin étalé par le vent.

La moyenne Chaouïa, avec la plaine de Ber Rechid, est caractérisée par ses terres fortes, argilo-calcaires, l'extrême développement de ses moissons, l'absence d'arbres quelconques. Elle est caractérisée surtout par *Nigella arvensis* L. var. *Cossoniana* Ball, *N. damascena* L., *Reseda tricuspis* Coss., *Silene tridentata* Desf., *Eryngium triquetrum* Vahl, *Caucalis leptophylla* L., *Calendula maroccana* Ball, *Onopordon macracanthum* Ball, *Rhaponticum acaule* DC., *Centaurea algeriensis* Coss. et DR., *C. diluta* Ait., *Salvia argentea* L., etc.

Enfin la haute Chaouïa, avec le plateau calcaire de Settat, s'élève de 400^{m} à 750^{m} d'altitude. Les vallées, toujours fertiles, sont remarquables par leurs cultures et leurs moissons; les pentes sont plus arides, et la partie supérieure du plateau offre une abondance extraordinaire de palmiers nains, associés à des Labiées ligneuses (*Nepeta*, *Phlomis*, *Ballota*, *Thymus*, *Lavandula*, *Teucrium*, etc.) et à des Graminées (*Stipa*, *Vulpia*, *Avena*, etc.).

Puis, peu à peu, la végétation se raréfie; vers le Sud-Est, dès Dar Chafaï, les champs deviennent de plus en plus pierreux, et la rive gauche de l'oued Oum er Rbia, en Tadla, étale à perte de vue ses rocailles arides et desséchées dès les derniers jours de mai.

Les deux marges de la Chaouïa sont formées au Nord par la vallée de l'oued Cherrat, au Sud par celle de l'oued Oum er Rbia.

La vallée de l'oued Cherrat, souvent très encaissée par les montagnes voisines, est couverte d'une vaste forêt de chênes-lièges, parfois de thuyas, malheureusement décimée par les indigènes pour la fabrication du charbon, la récolte des écorces tannantes, enfin pour l'installation de pâturages destinés à assurer l'existence des troupeaux.

Bien que l'oued ne soit représenté pendant l'été que par un chapelet de vasques remplies d'eau, la vallée demeure très humide et l'abondance des hygrophiles qui l'habitent est particulièrement frappante pour cette latitude. Signalons par exemple : *Ranunculus spicatus* Desf., *Geranium Robertianum* L., *G. lucidum* L., *Radiola linoides* Gmel., *Elatine Alsinastrum* L., *E. campylosperma* Seub., *Lavatera olbia* L., *Helosciadium inundatum* Koch, *Laurentia Michelii* DC., *Microcola filiformis* L. et Hoffm., *Cicendia pusilla* Gris., *Myosotis sicula* Guss., *Orchis latifolia* L., *Serapias cordigera* L., *Gymnogramme leptophylla* Desv., *Marsilia strigosa* Willd., *M. pubescens* Ten., *Isoetes velata* A. Br., etc.

Au contraire, la vallée de l'oued Oum er Rbia, bien que parfois profondément encaissée, demeure très aride, malgré l'abondance des eaux que le fleuve roule en toute saison. Sur ses bords immédiats on ne rencontre pas d'hygrophyles, mais, au contraire, toute une série d'espèces très volontiers désertiques. Nous remarquons un ensemble particulièrement xérophile qui nous annonce l'approche de la région saharienne. On rencontre, pour la première fois, à Mechra ben Abou par exemple : *Carrichtera Vellæ* DC., *Eruca stenocarpa* Boiss. et Reut., *Fagonia cretica* L., *Erodium guttatum* L'Hér., *Cladanthus arabicus* Cass., *Calendula ægyptiaca* Pers., *Salvia ægyptiaca* L., *Plantago ovata* Forsk., *P. amplexicaulis* Cav., *Schismus calycinus* Coss. et DR,, *Pennisetum ciliare* Link, *Aristida adscensionis* L., etc. Cette flore est donc essentiellement différente de celle de la vallée de l'oued Cherrat.

De ces quelques observations, nous pouvons déduire que la Chaouïa établit la transition entre le Maroc septentrional, à flore nettement méditerranéenne, et le Maroc méridional, saharien, probablement très xérophyle. Sa situation géographique laissait prévoir cette conclusion. Cependant, très heureusement pour l'avenir de ses cultures, la Chaouïa se trouve comprise presque en totalité dans la province botanique marocaine à flore septentrionale, nettement méditerranéenne. Ce n'est que dans l'extrême sud de la Chaouïa, à quelques kilomètres au nord de Mechra ben Abou, que le sol devient plus aride. La limite atteinte par la végéta-

tion xérophile s'écarte peu de la vallée de l'Oum er Rbia, vers l'ouest de ce poste, pour acquérir peut-être vers l'Est, au Tadla, une importance plus grande, mais que nous ne pouvons actuellement préciser.

En résumé, dans aucune autre partie de l'Afrique du Nord, la flore méditerranéenne n'atteint un aussi puissant développement et une marge aussi méridionale.

MÉDECINE. — *La galvanothérapie intensive à faible densité de courant.* Note de M. **Hirtz**, présentée par M. d'Arsonval.

Les applications du courant galvanique sur le corps humain sont actuellement l'objet d'une technique spéciale bien définie adoptée par la grande majorité des électrothérapeutes. Les règles admises sont les suivantes :

Le courant continu, à une tension appropriée, généralement 60 volts, est amené à deux électrodes servant de contacts avec les téguments du malade, de point d'entrée et de sortie du flux électrique. Ces électrodes sont formées d'une feuille de métal mince, modelable, reposant sur une couche d'un corps ou tissu spongieux imbibé d'eau simple ou de certaines solutions médicamenteuses (ionisation) dont l'épaisseur est de $1^{cm},5$ en général. Très souvent, on remplace une des électrodes par un bain d'eau dans lequel plongent les extrémités des membres. La surface des tampons électrodes est variable selon les régions et les applications; toutefois, les plus grandes surfaces couramment utilisées ne dépassent pas 500^{cm^2} environ, mais elle est très souvent moindre. Dans de telles conditions, l'intensité du courant peut être poussée jusqu'à 50 ou 60 milliampères, très exceptionnellement jusqu'à 100 milliampères. De telles applications sont très pénibles en raison des effets irritants pour la peau dus à l'électrolyse et de la sensation de cuisson rapidement insupportable lorsque la densité du courant par unité de surface s'accroît au delà de certaines limites. Elle ne peut dépasser pratiquement 0,5 ou 0,75 milliampère et c'est là un maximum rarement toléré. Le sens du courant est l'objet de certaines règles : il doit suivre l'axe des nerfs dans la direction soit centripète, soit centrifuge.

Cette technique brièvement exposée est devenue tout à fait classique; c'est elle qui est appliquée dans tous les services d'électrothérapie; elle est décrite et précisée dans les traités spéciaux les plus récents, tous concordants sur ce sujet. Elle peut être nommée *galvanothérapie à forte densité et à faible intensité de courant.*

J'ai été amené à modifier cette manière de procéder. J'ai eu surtout en vue le traitement des affections des nerfs, névralgies, et principalement névrites qui, systématiquement recherchées par électrodiagnostic, se montrent très nombreuses et causent des impotences variées, souvent des

plus graves. Leur guérison complète présente, en outre de la question humanitaire, un intérêt tout spécial en raison des responsabilités mises en jeu, spécialement à la suite des accidents du travail, survenus dans le milieu civil ou militaire. Ces lésions sont curables par l'électrothérapie et, en particulier, par la galvanothérapie, à laquelle leur fréquence donne une importance prépondérante dans les services de Physiothérapie.

Ayant installé et dirigé, pendant plus de cinq années, un important service de Physiothérapie à l'hôpital militaire du Dey, à Alger, et organisant actuellement un tel service à l'hôpital militaire d'instruction du Val-de-Grâce, à Paris, j'ai été amené à instituer ma méthode en pratiquant l'électrodiagnostic systématique de nombreux cas de névrite. J'ai ainsi constaté que l'altération neuro-musculaire n'est jamais localisée, qu'elle est essentiellement extensive; que les lésions, même celles qui ont un point de départ nettement périphérique unilatéral, deviennent toujours bilatérales, et que les centres nerveux, la moelle surtout, sont toujours intéressés.

Voici en quoi consiste cette méthode :

Les électrodes, en coton hydrophile enveloppé de gaze, d'une épaisseur de 3^{cm} ou 4^{cm}, ont la forme de larges bandes allongées. Leur longueur varie selon les applications; elle atteint facilement $1^{m},20$ pour les membres inférieurs. Après avoir occupé toute la longueur d'un membre, ces électrodes remontent largement le long de l'axe spinal. Elles sont placées parallèlement par couples le long des membres ou de la colonne vertébrale, reçoivent le courant par des bandes métalliques de longueur appropriée et sont maintenues par une série de lacs. Les surfaces varient depuis 600^{cm^2} jusqu'à 2000^{cm^2} et les intensités utilisées atteignent facilement 60 à 80 milliampères pour un membre supérieur, 100 à 125 milliampères pour un membre inférieur, ce qui donne, pour les deux membres inférieurs, le plus souvent traités en même temps, 200 à 250 milliampères. Dans bien des cas, il est facile de dépasser ces intensités et d'atteindre 300 milliampères. La densité par unité de surface reste faible, en effet, et varie de 0,1 à 0,2 milliampère au maximum. Les séances, faciles à supporter, peuvent être longues de 45 minutes à 1 heure, et souvent répétées. Le courant se propage transversalement à l'axe des nerfs, et non plus longitudinalement.

Les effets locaux se bornent à une irritation modérée de la peau, variable suivant les sujets, due aux inévitables actions d'électrolyse. Les séances sont suivies d'une sensation de bien-être spécial, de légèreté dans les régions traversées; les douleurs névralgiques les plus violentes sont rapidement calmées, surtout s'il est fait usage en même temps de l'ionisation salicylée.

La diffusion du courant galvanique sur des régions aussi étendues du corps produit certaines actions générales dont les plus notables sont : une sensation de froid marquée avec tendance au grelottement, à la fin des

séances prolongées; une amélioration du sommeil; une diminution notable du poids après un certain nombre de séances, correspondant à un meilleur état général.

Quant aux effets thérapeutiques, ils sont incontestablement supérieurs à ce qu'on obtient avec la méthode courante des faibles intensités, et tel malade gravement atteint peut être cité qui, ayant suivi pendant plusieurs mois sans aucun succès la méthode ordinaire, a été amélioré d'une façon remarquable par 15 séances de galvanothérapie intensive. D'ailleurs les résultats globaux sont éloquents. Sur près de 600 cas de névrite, de toutes gravités, traités depuis 5 ans, l'auteur a obtenu en règle formelle la guérison complète vérifiée par électrodiagnostic, lorsque les malades ont pu consacrer à leur traitement le temps nécessaire. Certaines myélites (en particulier traumatiques) ont même considérablement bénéficié du traitement.

En résumé, la galvanothérapie intensive à faible densité de courant constitue un progrès réel dans une des branches les plus importantes de l'électrothérapie dont elle augmente l'efficacité, tout en étendant le champ de ses applications.

BIOLOGIE. — *Contribution à l'étude de la biologie du Saumon.* Note de M. **Louis Roule**, présentée par M. Edmond Perrier.

J'ai eu l'occasion d'étudier, pendant ces dernières années, la biologie du Saumon commun (*Salmo salar* L.) des rivières de la Bretagne. Mon attention y fut attirée, tout d'abord, ainsi que j'y avais été convié par le Ministère de l'Agriculture et par le département du Finistère, sur la recherche des moyens capables de remédier au dépeuplement progressif de ces cours d'eau, et de préparer un repeuplement possible. Je me suis bientôt convaincu, au cours de ce travail, que, si certains de ces moyens pouvaient donner immédiatement des résultats efficaces, il était pourtant nécessaire, afin d'obtenir une solution complète du problème, d'élucider toutes les questions relatives à la biologie du Saumon, et notamment celles qui concernent les passages de la mer en eau douce. J'ai donc entrepris ces recherches, en commençant par une enquête préliminaire sur l'état des individus pris au début de leur montée. J'ai pu procéder à cet examen, grâce à l'aide obligeante que m'a prêtée M. Fatou, Inspecteur des Eaux et Forêts à Lorient, qui m'a fait envoyer, par intervalles, depuis la fin de l'automne dernier, un certain nombre de pièces capturées dans la rivière

l'Ellé, auprès de Quimperlé. Je résume ici quelques-uns des principaux résultats de mes investigations.

Ces exemplaires, au nombre de 10, ont été pêchés aux dates ci-après : 5 décembre 1912 (2 exemplaires), 18 décembre, 24 décembre (2 exemplaires), 25 janvier 1913, 6 février (2 exemplaires), 24 février, 12 avril. Le plus petit, de sexualité mâle, mesurait $0^m,52$ de longueur; les deux plus grands, l'un mâle et l'autre femelle, mesuraient $0^m,82$ et $0^m,83$. Tous étaient matures, ayant achevé leur élaboration génitale. Les individus mâles, au nombre de 5, ont été pris le 5 décembre, le 24 décembre et le 6 février; les individus femelles, également au nombre de 5, ont été pris aux autres dates, et par conséquent, dans la moyenne, de façon plus tardive. Le mâle de $0^m,83$ était bécard; les autres ne montraient aucune trace de malformation maxillaire trop accentuée.

L'examen des écailles et de leurs lignes de croissance a donné d'importantes indications complémentaires. Sur les 10 individus, 3 seulement montraient avec netteté que leurs phases d'alevinage en eau douce avaient duré une seule année (2 mâles et 1 femelle); chez les 7 autres, elles accusaient deux années. La période de croissance en mer avait pris deux années chez 6 individus (3 mâles et 3 femelles), et trois années chez les 4 autres. La plupart n'offraient aucune éraillure marginale et venaient pondre en eau douce pour la première fois. Seuls, 4 individus, dont 3 mâles, montraient quelques irrégularités qui décelaient une interruption de croissance, et peut-être une ponte ancienne. Il est à remarquer que le grand mâle bécard de $0^m,83$ ne présentait rien de tel, et qu'il est permis de présumer à son égard qu'il accomplissait alors sa première montée.

Ces résultats, obtenus sur les Saumons qui fréquentent l'un des nombreux petits fleuves côtiers de la Bretagne, s'accordent de près avec ceux que mentionnent les auteurs récents, et notamment Dahl (1905). Ils s'accordent surtout avec ceux que Miss P.-C. Esdaile a signalés dernièrement (1912), après avoir étudié des Saumons pris dans la Vienne et la Creuse. Ces derniers individus, au nombre de 6, qui provenaient d'un grand bassin hydrographique et non de bassins d'étendue restreinte, montraient cependant qu'ils effectuaient pour la première fois leur remonte reproductrice. Les conditions d'âge, décelées par leurs écailles, rappelaient celles de leurs similaires de la Bretagne. La durée des phases d'alevinage en eau douce avait été d'une année pour 3 d'entre eux, et de deux années pour les 3 autres, celle des phases de croissance en mer de trois années pour tous.

Les conclusions de ces recherches ont une extrême valeur au sujet de la biologie des Saumons de nos pays, et de son application à la réglementation des pêches, ainsi qu'au repeuplement tenté pour conserver et accroître dans

nos rivières une espèce aussi précieuse. Selon elles, les phases d'alevinage en eau douce ne se bornent pas à quelques mois, contrairement à ce que l'on admet trop souvent, mais s'étendent sur une ou deux années. La croissance en mer prend, en ce qui la concerne, deux ou trois années complémentaires; les jeunes alevins de descente ne reviennent qu'après ce délai accompli. Les reproducteurs, ou du moins la majorité d'entre eux, n'accomplissent pas à plusieurs reprises, année par année, des remontes qui, ayant la ponte pour objet, seraient suivies d'un retour à la mer destiné à préparer une nouvelle montée; ils ne pondent, en réalité, qu'une seule fois dans leur existence et, sans doute, disparaissent ensuite.

J'ai l'intention de continuer ces études, afin de conclure après des constatations encore plus nombreuses. Je compte, en surplus, rechercher les influences qui, d'après les états variables du milieu aquatique, dirigent les individus dans leurs déplacements, et les entraînent en plus grand nombre vers certaines rivières plutôt que vers d'autres.

ZOOLOGIE. — *Sur un cas de bourgeonnement latéral chez un Lombric* (Lumbricus herculeus *Savigny*). Note de M. L. Bordas, présentée par M. Edmond Perrier.

Le bourgeonnement latéral ne se rencontre normalement, dans le groupe des Annélides, que chez les *Syllis* (*Syllis ramosa*). Chez les Lombrics, les ramifications caudales, quoique rares, sont plus fréquentes que les bifurcations céphaliques. Quelques zoologistes, B. Benham, Breese, Collin, Foster, Friend, Thomson, A. Michel etc. ont cité quelques exemples de ramifications postérieures dues, selon toute probabilité, à un phénomène de régénération accidentel ou provoqué.

Le Lombric qui a servi à notre étude présentait un rameau caudal gauche et affectait, dans son ensemble, la forme d'un λ renversé.

La branche antérieure avait 9^{cm}, la postérieure droite 38^{mm} et le rameau gauche, dû au bourgeonnement, mesurait 27^{mm}. La face dorsale présentait, au point de bifurcation, une surface médiane lisse et sans trace de segmentation apparente. Sur le côté droit du corps, les striations font leur apparition vers les $\frac{2}{3}$ environ du diamètre et sont d'autant plus régulières et plus apparentes qu'elles s'éloignent de la région centrale. Du côté gauche, les striations latérales sont également régulières, parallèles, mais plus courtes que les précédentes. Ce n'est qu'à partir de cette zone angulaire que la métamérisation devient normale sur les deux branches postérieures. A la face ventrale de la région qui a servi de point de départ au bourgeonnement, la segmentation est beaucoup plus régulière que dorsalement, et les sillons rappellent

assez bien la disposition que nous offrent les anneaux spiralés au niveau d'une ramification trachéenne.

Les organes internes avaient de même subi certaines modifications anatomiques que nous allons résumer succinctement.

Au point de bifurcation, *l'intestin* est large, aplati et affecte la forme d'une poche triangulaire à parois dorsale et ventrale à peu près lisses. Sa cavité se continue, en avant et en arrière, sans ligne de démarcation bien nette, avec celle de l'appareil digestif. Elle se prolonge, de même, dans la branche intestinale latérale. Cette dernière est marquée, à son origine, par un bourrelet annulaire interne. Le diamètre de la branche du tube digestif du bourgeon est à peu près égal à celui de l'organe normal antérieur. Sa cavité est irrégulière et contient une grande quantité de matières excrémentitielles. L'anus est large dans les deux branches et limité par un puissant sphincter.

Le *système nerveux* du bourgeon latéral a un diamètre moitié moindre que celui de la branche normale opposée. Il est en rapport avec ce dernier par un double filament qui prend naissance dans un ganglion, en face de la double racine opposée. Ces deux cordons parallèles qui rattachent la chaîne nerveuse du bourgeon latéral à celle du prolongement normal du corps du Ver, n'ont pas de renflement ganglionnaire. Ils ont donc *la valeur morphologique de deux racines nerveuses*. La chaîne émet, dans la branche latérale gauche, des filets nerveux correspondant à chaque segment. Pourtant, les premiers ramuscules sont très courts, irréguliers et ne deviennent normaux qu'à partir de la cinquième annulation. Les renflements ganglionnaires apparaissent dans chaque métamère et émettent, de chaque côté, une paire de ramuscules nerveux. Pourtant, vers l'extrémité postérieure, les ganglions deviennent plus allongés et prennent une forme ovale. Les cinq derniers sont nettement caractérisés, ainsi que les divers rameaux qui partent de chacun d'eux. Quant au ganglion postérieur de la chaîne, il est localisé sur le sphincter anal, tout près de l'orifice intestinal.

Le bourgeon latéral possédait également les principaux *troncs vasculaires* qu'on rencontre normalement chez les Lombrics. Nous avons constaté l'existence et noté les particularités anatomiques des vaisseaux suivants :

1° *Vaisseau dorsal*, situé sur la ligne médiane de la face dorsale de l'intestin ;

2° *Vaisseau ventral*, placé au-dessous du tube digestif, dans la cavité générale ;

3° *Vaisseau sous-nervien*, mince, grêle et peu apparent, appliqué contre la face ventrale de la chaîne nerveuse.

Quant aux vaisseaux nerviens latéraux, ils sont dans un état d'atrophie manifeste. Tous ces canaux proviennent de ramifications directes de leurs congénères de la branche normale du Ver ; le tronçon de raccord est seul un peu plus étroit que le reste de chaque conduit.

ZOOLOGIE. — *Sur la reproduction de la Sardine algérienne*. Note de M. J. **Bounhiol**, présentée par M. Dastre.

Les recherches biologiques concernant les poissons pélagiques sont longues. Sept années consacrées à ces recherches sur les côtes de l'Algérie, encore loin d'être terminées, m'ont fourni cependant quelques résultats intéressants.

A. *Période générale de ponte ; sa durée annuelle.* — De 1907 à 1913, je n'ai jamais observé d'animaux mûrs génitalement pendant les mois de juin, juillet, août, septembre, octobre. Une seule fois, en 1910, j'ai trouvé 2 à 3 pour 100 d'individus mûrs en mai. La période annuelle de la ponte est délimitée très nettement par la proportion d'individus complètement mûrs, trouvée dans les prélèvements régulièrement faits, deux fois par semaine, sur les pêches des principaux centres maritimes, d'Oran à La Calle.

	Pour 100.					
	1907.	1908.	1909.	1910.	1911.	1912.
Novembre....	11	6 à 7	12	15	31	21
Décembre....	45	39	80	72	87	78
Janvier.......	»	60	62	87	90	82
Février......	»	78	71	75	73	79
Mars........	»	56	40	43	39	32
Avril........	»	14	9 à 11	21	13	4 à 5

Ces chiffres, établis par l'observation de plusieurs milliers de sardines, concernent surtout l'ouest et le centre de l'Algérie. La région orientale, principalement le golfe de Bougie, présente un retard manifeste, de 15 jours à 1 mois, sur cette répartition. Le maximum du nombre des pontes s'y observe généralement vers la fin de février et la proportion, relative au mois d'avril, y est un peu plus élevée. La reproduction ne s'y continue pas cependant, sauf des cas isolés et rarissimes, en mai.

Deux facteurs m'ont paru déterminer périodiquement l'activité des glandes générales :

1° La thermalité du milieu;

2° L'appauvrissement relatif du plankton côtier superficiel, à la suite des premières pluies orageuses de l'automne et de l'hiver algériens.

Les sardines, très adipeuses de mai à octobre, maigrissent énormément, même les jeunes, de novembre à avril.

Je me réserve de développer et de préciser un peu plus tard, le rôle capital de ces facteurs.

B. *Durée individuelle de la maturation génitale.* — Le début de l'activité génitale se manifeste, au microscope, par une modification très nette du parenchyme ovarien. Au repos, celui-ci est constitué par des franges épithéliales dont les cellules sont toutes transparentes, polyédriques, à gros noyau réfringent. Depuis l'apparition du premier bourrelet péritonéal ovarien chez le tout jeune individu de 7 à 8 mois, la glande grossit, sans modifications histologiques. Elle débute dorsalement, de chaque côté de l'axe squelettique, par une sorte d'épaississement péritonéal linéaire. Elle acquiert ensuite une forme variable, remplissant, peu à peu, dans le sens longitudinal comme dans le sens transversal, l'espace laissé libre entre la paroi du corps et le tube digestif. J'ai constaté une *dissymétrie constante* de l'appareil ovarien ou testiculaire, la glande du côté gauche de l'animal prenant toujours un développement beaucoup plus grand que celle du côté droit. Toutes mes mesures anatomiques et histologiques ont été prises, pour chaque animal, sur sa glande gauche.

Au moment où commence la germination des ovules, les plus gros éléments de l'épithélium ovarien ont $0^{mm},03$ à $0^{mm},4$ de diamètre moyen. Parmi ces éléments, entièrement transparents, apparaissent alors rapidement d'autres éléments, encore polyédriques, un peu plus gros, jaunissants, dont le protoplasma devient de plus en plus granuleux. Un peu plus tard, grossissant et s'arrondissant, les ovules foncent et s'opacifient, tandis que de nouvelles cellules jeunes commencent, à leur tour, la même évolution.

La proportion de petites cellules transparentes parmi les amas et les chapelets d'ovules en germination d'une part, la dimension des plus gros de ces mêmes ovules d'autre part, indiquent, à chaque instant, le stade de la maturation générale de la glande. Les plus gros ovules arrivent ainsi à acquérir $0^{mm},5$ à $0^{mm},8$ en trois mois environ. L'examen patient de milliers d'ovaires m'a révélé, avec une grande constance chaque année, l'existence de cet intervalle entre l'apparition des premiers éléments granuleux de $0^{mm},05$ et celle des premiers ovules opaques de $0^{mm},8$ à espace périvitellin très net.

A partir de ce stade, l'évolution se précipite. Les ovules s'arrondissent de plus en plus. Le protoplasma s'éclaircit en même temps que plusieurs petites gouttelettes huileuses apparaissent. Ces gouttelettes se fusionnent un peu plus tard en une seule, plus grosse. Le noyau n'est plus visible parmi les granulations vitellines translucides, l'espace périvitellin reste toujours très net et l'ovule est subsphérique. Il a alors, dans

l'ovule mûr, avant la fécondation $1^{mm},1$ à $1^{mm},2$ de diamètre. Cette dernière partie de l'évolution ovulaire s'accomplit en quelques jours.

Après la ponte et la fécondation, l'œuf, rigoureusement sphérique, très transparent, possède une gouttelette huileuse unique de $0^{mm},18$ et atteint $1^{mm},3$ de diamètre.

La ponte est progressive. Un ovaire met 8 à 10 jours à se vider. Il reste plat et flasque pendant 2 à 3 semaines, présentant encore, dans son parenchyme lâche, quelques éléments ovulaires de $0^{mm},06$ à $0^{mm},15$. Ces éléments attardés achèvent-ils leur évolution individuelle ou se résorbent-ils? Il m'a été impossible de m'en assurer. Toujours est-il qu'au bout de ce temps l'épithélium est redevenu entièrement transparent, à cellules polyédriques dont les plus grandes ne dépassent jamais $0^{mm},3$ de diamètre moyen. La glande s'est contractée; sa vascularisation, qui était très riche pendant la germination ovulaire, s'est réduite considérablement. Jusqu'à l'automne suivant, vers la fin de septembre ou le commencement d'octobre, c'est le repos génital complet, qui s'accompagne généralement d'une adiposité marquée.

Je me suis efforcé de confirmer les résultats qui précèdent par l'examen de pêches pélagiques aussi nombreuses que possible. J'ai trouvé dans ces pêches des œufs fécondés de sardine dont la plus grande abondance se manifestait du 15 décembre au 15 février. Mais l'insuffisance de mon outillage d'une part, les empêchements dus aux intempéries d'autre part, ne m'ont pas permis de donner à cette partie de mes recherches toute l'ampleur et la régularité que j'eusse souhaitées. J'ai pu acquérir cependant la conviction que l'œuf fécondé de sardine, s'il est flottant et surnageant à l'origine, ne tarde pas à s'équilibrer entre deux eaux, où s'accomplit, certainement, la plus grande partie du développement embryonnaire.

MICROBIOLOGIE. — *Recherches sur la flore intestinale. Sur l'action pathogène d'une association microbienne :* Proteus vulgaris *et* Bacillus aminophilus intestinalis. Note de M. **Albert Berthelot**, présentée par M. E. Roux.

Dans les études snr la flore intestinale, il est indispensable de ne pas s'en tenir au rôle individuel des diverses espèces microbiennes, et il faut également considérer les nombreuses symbioses qu'elles permettent de réaliser. Bien que l'évidence de cette proposition soit indiscutable, il ne me paraît pas inutile d'en donner comme preuve les faits que je viens d'observer au cours de mes recherches sur le *Proteus vulgaris* et le *Bacillus aminophilus intestinalis* [1].

Après avoir étudié isolément ces deux microbes, je les ai associés et j'ai

[1] Les considérations théoriques qui m'ont guidé et le détail de mes expériences seront exposés dans un autre Recueil.

d'abord examiné *in vitro* les propriétés de leur symbiose. Si je m'en étais tenu aux résultats de ces premières expériences, j'aurais dû attribuer au *Bacillus aminophilus* une action empêchante, à l'égard du *Proteus*, et le considérer par conséquent comme un microbe bienfaisant; mais, en expérimentant *in vivo*, j'ai pu rapidement me convaincre de l'inexactitude de ces conclusions.

En effet, si l'on nourrit de gros rats blancs exclusivement avec du lait stérilisé, partiellement coagulé par la présure, et qu'avec cet unique aliment on administre chaque jour, à certains d'entre eux, une quantité de *Proteus* [1] ou de *B. aminophilus* correspondant à une demi-culture sur gélose, à d'autres la quantité équivalente d'un mélange à parties égales des deux microbes, on peut faire une série de constatations assez intéressantes et dont voici les principales :

1° Le *Proteus* seul, même à ces fortes doses, est sans influence apparente sur les rats, ce qui n'est guère étonnant d'ailleurs puisque ce microbe est l'hôte habituel de leur intestin; 2° la plupart des animaux qui ne reçoivent que du *B. aminophilus* n'en souffrent pas et se maintiennent à peu près à leur poids primitif; cependant quelques-uns d'entre eux, et ce sont toujours les plus jeunes, succombent après un délai de 8 à 10 jours; 3° tous les rats qui absorbent à la fois les deux microbes présentent, au bout de 6 à 8 jours, une diarrhée très accentuée; les matières qu'ils expulsent sont riches en mucus filant et très acides. Ces animaux maigrissent rapidement et presque tous finissent par succomber du dixième au vingtième jour; 4° si l'on donne à des rats du lait auquel on ajoute une assez forte proportion de caséine sèche ou, mieux encore, si l'on augmente la dose journalière du mélange de microbes, on observe que les animaux meurent très vite, en 4 à 8 jours. La phase de diarrhée muqueuse et acide est alors extrêmement réduite et la mort est déterminée par une entérite aiguë à forme hémorragique.

En un mot, si l'on soumet des rats au régime lacté exclusif et à l'ingestion répétée d'un mélange de *Proteus vulgaris* et de *Bacillus aminophilus intestinalis*, on provoque chez eux une entérite qui peut revêtir soit une forme subaiguë caractérisée par une diarrhée muqueuse et acide, soit une forme aiguë hémorragique rapidement mortelle.

---

(1) Je dois le *Proteus vulgaris* que j'ai utilisé à la bienveillance de M. Metchnikoff qui l'a isolé des matières fécales d'un nourrisson atteint d'une gastro-entérite mortelle; ces matières étaient acides et contenaient un microbe du groupe *Lactis aerogenes*.

D'autre part, j'ai constaté que, si l'on supprime le lait et les microbes à des rats ayant une diarrhée très légère depuis 1 ou 2 jours et si on leur donne leur alimentation habituelle (carottes, pain et blé), la plupart survivent; mais, sans modifier le régime, il est possible d'obtenir plus certainement la guérison en injectant à trois reprises, sous la peau des animaux, des doses croissantes et convenablement choisies d'un vaccin préparé avec un mélange des deux microbes tués par l'éther. Si l'on a soin d'intervenir, pour la première fois, au plus tard le deuxième jour après le début d'une diarrhée légère, les animaux se rétablissent complètement tout en continuant à absorber du lait, du *Proteus* et du *B. aminophilus*. J'ai conservé, pendant 2 mois, des rats ainsi traités, alors que les dix animaux d'un lot témoin étaient tous morts avant le vingtième jour.

Cet effet curatif du vaccin ne se manifeste pas dans la forme aiguë ou lorsqu'on intervient trop tard dans la forme simplement diarrhéique; toutefois, un certain nombre des rats traités succombent 15 à 25 jours plus tard que les témoins. Enfin, si l'on traite préventivement des rats par trois injections du même vaccin mixte, on peut, 4 jours après la dernière injection, les soumettre impunément au régime qui donne à coup sûr l'entérite muqueuse et qui fait mourir les animaux témoins dans un délai variant de 10 à 20 jours. J'ai prolongé, pendant 2 mois, une expérience portant sur des rats vaccinés de cette façon; leur état général m'a toujours paru excellent et leurs matières n'ont pas cessé de présenter leur aspect normal.

Les faits que je viens d'exposer montrent combien il est utile d'étudier *in vitro* et *in vivo* l'action symbiotique des microbes intestinaux; mais à d'autres points de vue il est également possible d'en tirer quelques conclusions qui me semblent intéressantes et que je tiens à signaler.

Les recherches de M. Metchnikoff [1] ont montré que le *Proteus* joue un rôle très important dans l'étiologie des gastro-entérites aiguës des nourrissons; or, au cours de ces entérites, la flore intestinale renferme très fréquemment, à côté du *Proteus*, une forte proportion de microbes voisins du *B. aminophilus* (groupe de *B. lactis aerogenes*). On sait d'autre part que dans ces affections, qui présentent des formes aiguës et subaiguës, les matières sont souvent riches en mucus et très acides; on connaît également la nocivité du lait au cours de certaines diarrhées et l'influence favorable de la suppression de cet aliment.

---

(1) E. METCHNIKOFF, *Recherches sur les diarrhées des nourrissons* (*Bull. Acad. de Médecine*, 23 novembre 1909).

Comme on le voit certaines gastro-entérites des nourrissons présentent quelques analogies avec l'affection intestinale que détermine, chez le rat, le régime lacté exclusif et l'infection mixte du tube digestif par le *Proteus* et le *B. aminophilus intestinalis*. Je me trouve donc conduit à rechercher si ces formes d'entérites ne sont pas déterminées, elles aussi, par la symbiose du *Proteus* avec le *B. aminophilus* ou une espèce voisine et s'il ne serait pas possible d'y trouver une application de ce que j'ai observé sur l'action préventive et curative des injections vaccinantes.

MICROBIOLOGIE. — *Sur les* microzyma cretæ. Note de M. **G. Béchamp**, présentée par M. Henneguy.

Dans une récente Communication à l'Académie des Sciences, présentée dans la séance du 14 avril 1913 (1), M. Raphaël Dubois décrit de nouveau les *microzyma cretæ* dont l'étude a été faite d'une façon très complète par mon grand'père A. Béchamp.

Ces *microzyma cretæ*, parfaitement décrits morphologiquement, étudiés au point de vue de leur composition chimique, de leur action comme ferments et de leur origine, reproduits expérimentalement par A. Béchamp, ont été l'objet de diverses Notes de sa part (2). Il en est également longuement question dans son Ouvrage les *Microzymas*.

Or, dans la récente Communication de M. R. Dubois, A. Béchamp est bien cité comme ayant reconnu l'absence de *microzyma* dans le carbonate de chaux précipité; mais on pourrait croire que c'est M. R. Dubois lui-même qui vient de les signaler, le premier, dans la craie. Suit une description du mode opératoire (en petits caractères), calquée sur celle de Béchamp (3), sauf une tentative de coloration qui n'a rien donné.

MÉDECINE VÉTÉRINAIRE. — *Myocardite épizootique du mouton.* Note de M. **J. Lesage**, présentée par M. A. Laveran.

Nous désignons sous ce nom une maladie à caractère infectieux, qui a sévi, au commencement de l'année 1913, sur plusieurs troupeaux de mou-

(1) *Comptes rendus*, t. 156, p. 1175.
(2) *Comptes rendus*, t. 63, p. 451; t. 70, p. 914; t. 74, p. 629.
(3) *Comptes rendus*, t. 63, p. 451.

tons, croisés *southdown*, du département de la Côte-d'Or, causant une grande mortalité.

Dans l'un des troupeaux, la maladie, apparue fin janvier, a fait disparaître en moins de 3 mois 60 agneaux de l'année, sur 130 composant l'effectif. Les mères brebis allaitant les agneaux malades n'ont pas contracté l'affection. Par contre, le bélier, père de ces agneaux, a été atteint, et l'on peut l'accuser d'être la cause de la maladie des produits. Cet animal, âgé de 6 ans, introduit dans l'exploitation l'année précédente, a en effet toujours fait preuve d'un état général mauvais et a présenté, à différentes reprises, une éruption vésiculeuse des lèvres, de l'œdème de la région sous-glossienne, du larmoiement et des signes évidents de faiblesse. Sacrifié, au cours de l'épizootie, il montra, à l'autopsie, les mêmes lésions que les agneaux.

Des symptômes très apparents s'observent au cours de la maladie des agneaux : une stomatite ulcéro-membraneuse et des troubles de la locomotion. L'un et l'autre de ces symptômes peuvent faire défaut, mais il est une lésion qu'on retrouve d'une façon constante à l'autopsie, c'est l'inflammation dégénérative du muscle cardiaque.

La constance de cette lésion justifie la désignation que nous employons, jusqu'à ce qu'on soit définitivement fixé sur le rôle étiologique des protozoaires que nous avons mis en évidence et que nous décrirons d'une manière sommaire.

La stomatite ulcéreuse, qui précède généralement les troubles locomoteurs, se confond dans sa symptomatologie avec l'affection désignée communément sous les noms de *brouton* ou de *muguet* des agneaux et dont le microbe n'a pas encore été découvert. C'est une inflammation ulcérative de la muqueuse buccale, avec production d'un dépôt pultacé blanchâtre. Les lésions initiales sont de petites vésicules parfaitement rondes, de 2^{mm} à 3^{mm} de diamètre, isolées ou confluentes.

Les troubles de la locomotion consistent en une sorte de parésie qui oblige les animaux malades, après quelques pas de marche, à se coucher et les met dans l'impossibilité de se relever par leurs propres moyens. Les agneaux ainsi cloués au sol ne manifestent aucune douleur aiguë; ils bêlent pour appeler leurs mères et, si on les aide à se soulever, ils tettent et mangent avec appétit. Ils ont tous de la constipation.

Dans les cas à marche rapide, la mort arrive en 2 ou 3 jours; dans d'autres, seulement au bout d'un mois ou deux, avec rechutes. Enfin, il est des cas où elle se produit subitement chez des animaux qu'on croyait complètement guéris.

A l'autopsie, le foie est, dans nombre de cas, hypertrophié et décoloré; la rate et les autres organes, sauf le cœur, ont une apparence normale.

L'altération du cœur ne porte ni sur le péricarde, ni sur la sérosité péricardique, mais le myocarde est invariablement le siège d'importantes lésions de dégénérescence.

Déjà, sur sa face externe, le muscle cardiaque présente un aspect tacheté, particulièrement à la pointe de l'organe et au voisinage des artères coronaires. Les taches sont de couleur jaunâtre et contrastent avec des zones noirâtres hémorragiques; elles sont ponctiformes ou étendues et distribuées irrégulièrement sur une surface de quelques centimètres. Sur une coupe macroscopique de la paroi du cœur, on se rend compte que ces taches correspondent à des îlots jaunâtres intéressant le quart et même le tiers de l'épaisseur de la paroi. La pointe du cœur est souvent très amincie et comme rongée intérieurement.

A l'intérieur, les valvules auriculo-ventriculaires et sigmoïdes sont fortement œdématiées et de couleur rouge vif; les taches de dégénérescence sont plus nombreuses et plus étendues. A leur niveau, l'endocarde est détruit.

Examinées à un fort grossissement, les coupes microscopiques du myocarde permettent de constater que la fibre cardiaque en voie de dégénérescence s'hypertrophie, puis perd sa striation transversale, en même temps que la plupart de ses noyaux se segmentent par division directe. Ces noyaux, simples ou divisés, s'entourent alors, aux dépens de la fibre elle-même, d'une substance transparente qui est le produit de la dégénérescence.

C'est donc, en réalité, un processus de résorption plutôt qu'un processus réellement inflammatoire qu'il est donné d'observer.

L'ensemencement du sang, même en grande quantité, de la pulpe de foie et de rate, et aussi de la substance de dégénérescence du cœur, dans les milieux ordinaires, ne donne aucune culture microbienne.

Par contre, les frottis des lésions buccales et du parenchyme hépatique nous ont permis de mettre en évidence deux protozoaires intéressants.

Le premier est un *Spirochète*, qui se rencontre dans les lésions de stomatite ulcéro-membraneuse de tous les animaux malades; le second est un *Flagellé*, qui existe dans le foie hypertrophié.

Sans préjuger des relations qui peuvent être établies entre ces deux germes et sans pouvoir affirmer encore qu'ils sont bien les véritables agents de la maladie, nous les caractérisons ainsi qu'il suit :

Le Spirochète de la stomatite ulcéreuse du mouton se présente sous la forme de longs filaments ondulés, très minces, effilés aux extrémités et formant une spirale dont la longueur varie de 12^{μ} à 30^{μ}, avec une épaisseur de $0^{\mu},5$ à $0^{\mu},10$. Le nombre ordinaire des tours de spire est de 3 à 4 pour les éléments les plus communs, de 15^{μ} de longueur; il est de 8 à 10 pour les éléments plus longs et en voie de division. Ce spirille prend difficilement la couleur et reste très pâle dans les préparations faites par le procédé de Giemsa.

Le Flagellé du foie hypertrophié doit être rapproché du parasite décrit en 1881 par Rivolta sous le nom de *Monocercomonas hepatica* et découvert

dans le foie des pigeonneaux. Il se colore facilement par le Giemsa; il est dépourvu de membrane ondulante. Certains de ses éléments sont fusiformes et munis de deux flagellums situés aux deux extrémités du corps protoplasmique. D'autres sont de forme ronde et sans prolongements. Les éléments fusiformes ont une longueur de 2^{μ} à 4^{μ}, sans compter les flagelles qui ont chacun 3^{μ} à 4^{μ} de long; leur protoplasma est granuleux et le noyau diffus. Les éléments ronds ont à peu près les dimensions des hématies; leurs noyaux sont mieux dessinés et forment des figures variables. Ces éléments ronds sont souvent en amas comparables à ceux qu'on a décrits, à propos du trypanosome du rat, sous le nom de *pseudoleucocytes*.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Comparaison des diastases hydrolysantes du latex de* Maclura aurantiaca *avec celles de* Ficus Carica *et de* Broussonetia papyrifera. Note de M. C. **Gerber**, présentée par M. L. Guignard.

a. Lipodiastase. — L'activité lipolytique du latex de *Maclura* est 7,5 fois plus forte que celle du Figuier et 1,5 fois moins forte que celle du *Mûrier à papier*. Moins thermolabile que celle de *Ficus Carica*, la lipase de *Maclura* l'est plus que celle de *Broussonetia*. Pour détruire presque complètement ces trois diastases, il faut en effet chauffer les latex 30 minutes à 60° (*Ficus*), à 65° (*Maclura*), à 75° (*Broussonetia*). Comme celle de *Broussonetia*, la lipase de *Maclura* n'est qu'un peu plus active en milieu acide qu'en milieu neutre, alors que celle de *Ficus* l'est beaucoup plus (rapport des pouvoirs protéolytiques, à l'optimum d'acidité et en absence de cet électrolyte : *Broussonetia* 1,15; *Maclura* 1,25; *Ficus* 3).

b. Amylase. — Le pouvoir amylolytique du latex de *Maclura* est environ 5 fois plus fort que celui du Figuier et 15 fois plus faible que celui de *Broussonetia*. Moins thermolabile que la lipase correspondante, l'amylase de *Maclura* est, de toutes celles du latex, la plus thermostabile. Il faut, en effet, 10 minutes à 80° et 5 minutes à 85° (*Maclura*), 5 minutes à 80° (*Broussonetia*), 2 minutes à 70° (*Ficus*) pour faire disparaître tout pouvoir amylolytique. Comme pour toutes les amylases végétales et animales, la neutralité et même une légère acidité au méthylorange constitue la condition de milieu la plus favorable à la saccharification de l'empois d'amidon par celle de *Maclura*. Enfin, de même que pour les amylases des latex de Figuier et de *Broussonetia*, les halogènes, les sels d'argent, de zinc, de cad-

mium, de cuivre, de mercure, d'or, de platine, etc., et l'eau oxygénée agissent défavorablement sur la saccharification de l'empois d'amidon par l'amylase de *Maclura*. C'est ainsi que : 1° dans le cas de $HgCl^2$, il suffit de 0,002 mol-mg (*Maclura*, Figuier) et de 0,016 mol-mg (*Broussonetia*) par litre d'empois pour empêcher toute formation de maltose; 2° dans celui de l'iode, il faut 0,5 mol-mg (Figuier), 1 mol-mg (*Broussonetia*) et 4 mol-mg (*Maclura*) pour atteindre le même résultat; 3° dans celui de l'eau oxygénée qui, ainsi que nous l'avons établi autrefois, hydrolyse, à doses moyennes, l'amidon en maltose, il faut $0^{cm^3},62$ (Figuier), 1^{cm^3} (*Maclura*) et 32^{cm^3} (*Broussonetia*) de perhydrol Merck à 100^{vol} pour rendre deux fois moins active la saccharification diastasique.

c. Ferment protéolytique. — L'activité protéolytique du latex de *Maclura*, mesurée d'après son action coagulante sur le lait, est à peu près 4 fois plus forte que celle de *Broussonetia* et 25 fois moins forte que celle de *Ficus*. Comme la présure de *Broussonetia*, celle de *Maclura* coagule mieux le lait cru que le lait bouilli et s'oppose ainsi à celle du Figuier qui coagule mieux le second liquide que le premier. Aussi thermolabile que celle du Figuier, la présure de *Maclura* est bien moins thermostabile que celle de *Broussonetia*. Pour détruire ces trois diastases, il suffit en effet de 10 minutes à 80° dans le cas du Figuier et de *Maclura*, alors qu'il faut le même temps à 95° dans celui de *Broussonetia*. Enfin les halogènes, les sels d'argent, de zinc, de cadmium, de cuivre, de mercure, de platine, etc., et l'eau oxygénée qui sont de puissants retardateurs de la caséification par le latex de Figuier, agissent comme favorisants ou sont sans action sur la coagulation du lait par le latex de *Maclura*, qui ressemble ainsi au latex de *Broussonetia*. C'est ainsi que : 1° 4 mol-mg d'iode par litre de lait ont provoqué sa coagulation en 14 minutes (*Maclura*) et en 9 minutes (*Broussonetia*), par une dose de ces deux latex incapable par elle seule d'agir sur ce liquide et ont rendu cette caséification impossible, par une dose de latex de Figuier qui coagule le lait bouilli pur en 2 minutes 15 secondes; 2° 0,32 mol-mg $HgCl^2$ ont fait passer le temps de coagulation du lait bouilli sensibilisé de 7 minutes 30 secondes à 6 minutes 15 secondes (*Maclura*), de 8 minutes 15 secondes à 7 minutes 20 secondes (*Broussonetia*) et de 3 minutes 20 secondes à un nombre de minutes supérieur à 1441 (Figuier); 3° $0^{cm^3},16$ de perhydrol par litre de lait bouilli sensibilisé n'ont aucunement modifié la durée de la coagulation de ce liquide par les latex de *Maclura* (7 minutes 30 secondes) et de *Broussonetia* (5 minutes 15 secondes) alors qu'elle s'élevait de 6 minutes à plus de 1440 minutes dans le cas du Figuier.

d. L'activité diastasique du latex de *Maclura* passe, comme celle de *Broussonetia*, par un maximum, au moment de la poussée des feuilles (avril) et par un minimum en hiver, après leur chute. Néanmoins, l'écart entre les activités maximum et minimum est beaucoup plus fort et le maximum est déplacé vers mars chez *Broussonetia*, par suite de l'abondante et hâtive apparition des chatons qui précède chez cet arbre la poussée des feuilles. Nous sommes loin ici de la courbe sinusoïdale des activités diastasiques du latex de Figuier, avec ses deux maxima correspondant aux poussées des Figues fleurs et des Figues d'automne et ses deux minima, l'un estival, entre les deux poussées de Figues, l'autre hivernal, après la chute des feuilles.

En résumé, *le latex de* Maclura aurantiaca *mérite, comme ceux de* Broussonetia papyrifera *et de* Ficus Carica, *le nom de « suc pancréatique végétal ». Ainsi qu'eux, en effet, et de même que le suc pancréatique animal, il hydrolyse et solubilise les hydrates de carbone, les corps gras et les substances protéiques et joue, par suite, un rôle de premier ordre dans la nutrition de la plante. Il doit ces remarquables propriétés à l'existence de diastases dont les caractères, intermédiaires à ceux des diastases de* Broussonetia *et de* Ficus, *placent ce* SUC PROPRE *entre les deux précédents, plus près du premier que du second.*

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Valeur et variation de la température profonde du glacier, au mont Blanc*. Note de M. J. **Vallot**, présentée par le Prince Bonaparte.

La valeur et la variation de la température en profondeur des glaciers d'altitude élevée sont à peu près inconnues. J'ai entrepris, à l'Observatoire du mont Blanc, une série d'études destinées à recueillir des données sur ce sujet.

En 1898, onze thermomètres ont été enfoncés dans la neige à des profondeurs variant entre 1^{cm} et 70^{cm}. Ils ont été observés à intervalles réguliers, mais pendant 24 heures seulement, le vent les ayant brisés. En 1900, une seule détermination a été faite aux diverses profondeurs. En 1911, sept thermomètres ont été installés de même et observés pendant 4 jours. Ces expériences ont été faites sur le glacier, dans le voisinage de l'Observatoire; celles de 1898 et de 1900 à 4357^{m} et celles de 1911 à 4240^{m} d'altitude. Des nombreux chiffres recueillis j'extrais seulement les plus saillants.

La température de la neige subit une variation diurne parfois considérable près de la surface, et qui s'affaiblit rapidement lorsque la profondeur augmente.

Profondeur.	Amplitude maxima observée.
cm	°
1	13
10	8
25	5
45	2
70	0,3

La variation diurne devient nulle au-dessous de 70^{cm}.

Il est intéressant de connaître la température maxima de chaque journée à cette profondeur.

	Neige. Température à 70^{cm}.	Air. Température maxima.
	°	°
22 juillet 1898	−7,5	+0,8
19 août 1900	−6,4	−2,5
31 août 1911	0,0	+5,8

Les chiffres sont très différents selon l'état météorologique général de la saison. En 1898 et en 1900, la saison était moyenne et la température, à 70^{cm}, était de $-6°$ à $-7°$. En 1911, la saison a été exceptionnellement chaude, comme le montre la température de l'air, et le glacier s'est échauffé d'une manière exceptionnelle.

Le Tableau suivant permet de suivre, en profondeur, la température de la neige au milieu du jour.

	22 juillet 1898.	19 août 1900.	1er septembre 1911.
	°	°	°
Profondeur 2^{cm}	−0,3	0,0	0,0
» 25^{cm}	−7,1	−2,8	−0,9
» 70^{cm}	−7,5	−6,4	−0,4

Le 1er septembre 1911, la température profonde était encore influencée par les journées très chaudes qui avaient précédé.

En résumé, la variation diurne ne dépasse pas 1^{m} de profondeur et la température de zéro n'atteint cette profondeur que dans des cas tout à fait exceptionnels.

Dans le but d'étudier la température du glacier jusqu'à une grande profondeur, j'ai entrepris, en 1900, de faire creuser un puits vertical pour mesurer les températures. Ce puits, dont la section était de 2^{m} sur 1^{m}, a été foncé auprès de l'Observatoire, à 4357^{m}. Le travail a été arrêté à une

profondeur de $4^m,60$ par la rencontre d'une couche de glace provenant d'infiltrations du rocher voisin, l'expérience exigeant un névé homogène et sans fusions parasites.

En 1911, le travail a été repris, au col du Dôme, à 4240^m d'altitude, et le fonçage du puits a pu être mené jusqu'à 15^m de profondeur.

Voici le résumé des résultats de ces deux expériences :

Profondeur.	Température. Premier puits.	Température. Deuxième puits.
m	°	°
1	— 6,3	— 0,1
2	— 9,1	— 0,8
4	—11,9	— 7,3
6	»	—12,0
8	»	—12,6
10	»	—13,2
12	»	—12,9
15	»	—12,8

On remarquera que le deuxième puits, creusé au cours de l'été si chaud de 1911, présente près de la surface des températures exceptionnellement élevées, mais pourtant inférieures à zéro.

La température descend rapidement, à mesure que la profondeur augmente ; mais, à partir de $7^m,50$, elle devient tout d'un coup stationnaire. C'est qu'on est arrivé à la couche que ne dépasse pas la variation annuelle causée par les saisons. Si l'on construit les courbes graphiques représentant la température des deux puits, on voit que la courbe du premier, légèrement prolongée, atteint celle du second vers $6^m,50$. L'influence de l'été est donc limitée à cette profondeur.

La mesure du grain du glacier montre qu'il passe graduellement de $0^{mm},5$ à $1^{mm},2$. Il peut donc s'accroître sans fusion, puisque la température est toujours au-dessous de zéro, et une solution d'aniline montre qu'il est imperméable, comme je l'avais déjà constaté dans le tunnel du mont Blanc.

L'observation a démontré que les glaciers de grande altitude sont en mouvement comme les glaciers inférieurs. On peut conclure de leur basse température et de leur imperméabilité que toute théorie basée sur l'introduction et le regel dans des fissures capillaires de l'eau de fusion de la surface est une théorie radicalement fausse, s'appuyant sur des hypothèses contredites par l'expérience.

L'eau ne peut pas s'introduire dans des fissures qui n'existent pas. Quant

à la chaleur, on sait maintenant jusqu'où elle pénètre. Ce n'est pas une couche superficielle de $6^m,50$, impressionnée par la variation annuelle, qui peut faire mouvoir des glaciers de 100^m d'épaisseur. Quant à la variation diurne, qui ne pénètre pas au delà de 1^m, elle est insignifiante et ne peut être d'aucun effet pour la progression des glaciers.

M. **P.-E. Dubalen** adresse une Note intitulée : *Un nouveau poisson d'eau douce de la faune de France.*

A 4 heures et demie, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 6 heures.

G. D.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 MAI 1913.

PRÉSIDENCE DE M. F. GUYON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du Décret qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. *André Blondel* pour occuper, dans la Section des Académiciens libres, la place vacante par le décès de M. *L. Cailletet*.

Il est donné lecture de ce Décret.

M. le **Président** donne également lecture de la lettre de remercîments que M. *A. Blondel* adresse à ses confrères.

Note au sujet de la récente session de l'Association internationale des Académies, par M. **Émile Picard**.

L'Académie nous avait chargés, MM. Baillaud, Bigourdan, Deslandres, Lallemand et moi, de la représenter à la session de l'Association internationale des Académies, qui vient d'avoir lieu à Saint-Pétersbourg. Le nombre des questions à examiner en 1913 étant assez restreint, le Comité de l'Association ne s'est réuni que deux jours avant la session, pour discuter les propositions à soumettre à l'Assemblée générale.

Parmi les questions à l'ordre du jour, quelques-unes nous intéressaient particulièrement. C'était d'abord la création d'une Commission internationale de l'heure, dont le projet de statuts a été élaboré par la Conférence internationale de l'heure réunie à Paris au mois d'octobre dernier. Nous

proposions que l'Association des Académies émît le vœu que les gouvernements adhèrent à cette création; il n'appartenait pas d'ailleurs à l'Association d'entrer dans l'examen du projet de statuts qui doit être étudié par les divers États. La résolution que nous avons présentée a été admise à l'unanimité, sauf quelques réserves formulées par l'Académie des Sciences de Berlin, qui semblait penser que la question était d'ordre pratique et non d'ordre scientifique; en réalité, la question est à la fois d'ordre pratique et d'ordre scientifique, la détermination de l'heure au centième de seconde étant de grand intérêt pour certaines recherches scientifiques.

Nous demandions encore le patronage de l'Association pour les méthodes de M. Brendel relatives au calcul des orbites des petites planètes; ce haut appui moral a été accordé. Il en a été de même, avec des considérants élogieux, pour l'œuvre internationale des Tables des constantes et données numériques de Chimie, de Physique et de Technologie, dont le secrétaire général est notre compatriote M. Marie.

Vous vous souvenez que notre Académie avait fait mettre à l'ordre du jour les questions de l'unification et de la simplification du calendrier. Sans nous faire d'illusions sur la rapidité avec laquelle un tel projet est susceptible d'aboutir, nous avons demandé la création d'une Commission du calendrier, nommée par chacune des académies associées à raison de deux membres par académie. Notre proposition a réuni la majorité, mais a, je dois le dire, rencontré quelques oppositions. On ne nous a pas caché que, il y a quatorze ans, le gouvernement russe a nommé une Commission du calendrier sous la présidence du grand-duc Constantin, président de l'Académie; mais cette Commission s'est trouvée devant de telles difficultés qu'elle s'est ajournée *sine die;* souhaitons que la Commission de l'Association internationale des Académies puisse opérer plus rapidement.

Une Commission magnétique avait été nommée à Londres en 1904. Elle pense avoir, pour le moment au moins, terminé ses travaux. Avant de chercher à tirer quelques conclusions théoriques des observations magnétiques faites sur les océans par l'Institution Carnegie, il est indispensable que l'on effectue des mesures analogues dans les pays où il n'en existe pas de semblables, et dans ceux où elles remontent à une époque relativement éloignée.

Je suis obligé, pour abréger, de laisser de côté des questions intéressantes mais de moindre importance; je dois cependant dire un mot de la nomination, demandée par l'Académie de Berlin, d'une Commission provisoire de vulcanologie, qui amènera sans doute dans trois ans la création

d'une Commission autonome de vulcanologie. Notre confrère M. Lacroix, avec sa grande autorité en ces matières, nous représentera dans cette Commission. Enfin, M. Waldeyer a fait connaître l'état des travaux de la Commission autonome relative aux études sur le cerveau.

Je n'ai pas à parler ici de questions d'ordre littéraire sur le Mahabarata, sur l'Encyclopédie de l'Islam, sur un *Corpus medicorum antiquorum*. La publication des manuscrits de Leibnitz intéresse à la fois les sections littéraire et scientifique de l'Association. Le premier Volume des Lettres est imprimé; quant au catalogue critique des manuscrits, le deuxième fascicule est prêt et sera, soit imprimé à un petit nombre d'exemplaires, soit reproduit par un procédé mécanique.

L'Association internationale des Académies entre maintenant dans sa treizième année d'existence. Suivant avec sagesse la voie que lui avaient tracée ses premiers fondateurs, elle apparaît bien, selon leurs intentions, comme une grande force morale, sorte de Conseil supérieur de la Science, où les entreprises scientifiques d'un caractère international peuvent venir chercher conseil et appui; elle joue aussi parfois un rôle diplomatique, en intervenant auprès des gouvernements pour leur proposer d'utiles créations.

Certaines questions délicates ont été soulevées dans cette session, en particulier l'admission de nouvelles académies. Il a paru que nos statuts étaient trop vagues à cet égard, et, d'une manière générale, une Commission de révision et de coordination des statuts a été nommée, qui devra dans trois ans faire connaître le résultat de ses travaux. La recherche de la personnalité civile de l'Association internationale, qui soulève de grandes difficultés, semble avoir été abandonnée à la suite de savantes consultations; il a paru à plusieurs que, sans courir les mêmes dangers, on pourrait arriver aux mêmes résultats en introduisant dans nos règlements un article additionnel sur les ressources financières de l'Association. Cette question sera traitée dans la prochaine réunion qui se tiendra à Berlin en 1916, ainsi que la question soulevée par l'Académie d'Amsterdam concernant la nomination d'un secrétaire général permanent.

Je dois dire en terminant quel accueil gracieux les délégués des Académies ont reçu de l'Académie des Sciences de Pétersbourg. Grâce à ses soins, notre séjour dans la capitale de la Russie a été extrêmement agréable. Notre éminent correspondant M. Bäcklund a tenu aussi à nous faire les honneurs du bel observatoire qu'il dirige à Poulkovo, et qui est célèbre par la précision de ses mesures. Enfin Sa Majesté l'Empereur Nicolas II a bien

voulu nous recevoir à Tsarskoïe-Selo, et nous a dit l'intérêt qu'Elle prend au grand observatoire astronomique qui va être créé à Tachkent, dans le Turkestan russe.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les polynomes $U_{m,n}$ d'Hermite et leurs analogues rattachés aux fonctions sphériques dans l'hyperespace.* Note de M. **Paul Appell.**

I. L'Académie voudra bien me permettre de poursuivre, dans une voie plus étendue, les recherches de ma Note du 13 mai 1913, relatives aux polynomes $V_{m,n}$ et à leurs analogues, et de montrer que les polynomes $U_{m,n}$ et leurs analogues sont aussi des fonctions sphériques, dérivant de potentiels avec d'autres variétés de singularités.

Pour préciser, je dois rappeler d'abord, sous une forme appropriée à l'objet actuel, des faits bien connus.

La fonction

$$\text{(1)} \qquad T = (x_1^2 + x_2^2 + \ldots + x_{n+1}^2)^{-\frac{n-1}{2}}$$

vérifie l'équation

$$\text{(2)} \qquad \frac{\partial^2 T}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial x_2^2} + \ldots + \frac{\partial^2 T}{\partial x_{n+1}^2} = 0.$$

Pour $n = 1$, l'exposant est nul et la fonction T correspondante devient un logarithme. On peut donc dire que, dans l'espace à $n + 1$ dimensions, rapporté à $n + 1$ axes rectangulaires Ox_1, Ox_2, ..., Ox_{n+1}, il existe n fonctions simples des coordonnées vérifiant l'équation (2), à savoir

$$\text{(3)} \qquad \begin{cases} T_{n+1,n+1} = (x_1^2 + x_2^2 + \ldots + x_{n+1}^2)^{-\frac{n-1}{2}}, \\ T_{n+1,n} \quad = (x_1^2 + x_2^2 + \ldots + x_n^2)^{-\frac{n-2}{2}}, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ T_{n+1,s} \quad = (x_1^2 + x_2^2 + \ldots + x_s^2)^{-\frac{s-2}{2}}, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots; \\ T_{n+1,2} \quad = \log(x_1^2 + x_2^2). \end{cases}$$

Le premier indice $n + 1$ désigne le nombre des dimensions de l'espace considéré et le second s le nombre des carrés de fonctions linéairement indépendantes que contient la fonction $T_{n+1,s}$. Quand on écrit les fonc-

tions T sous la forme (3), il manque, dans $T_{n+1,s}$, $n+1-s$ des coordonnées; mais on peut les y faire apparaître toutes, en faisant un changement quelconque d'axes rectangulaires, dans l'espace à $n+1$ dimensions, défini par une substitution orthogonale

$$x_p = k_p + \alpha_{p1} y_1 + \alpha_{p2} y_2 + \ldots + \alpha_{pn+1} y_{n+1} \qquad (p = 1, 2, \ldots, n+1).$$

Les fonctions $T_{n+1,s}$ contiennent alors toutes les variables y_p : elles constituent n types de fonctions harmoniques dans l'espace à $n+1$ dimensions. On peut dire que la fonction $T_{n+1,s}$ rapportée à des axes rectangulaires quelconques, est égale à la puissance $-\frac{s-2}{2}$ de la somme des carrés des distances d'un point à s variétés linéaires à n dimensions (hyperplans) dans l'espace à $(n+1)$ dimensions. Elle devient infinie sur la variété linéaire à $(n+1-s)$ dimensions constituée par l'intersection de ces hyperplans.

Par exemple, dans l'espace à quatre dimensions x, y, z, t, $(n=3)$, en désignant par

$$\delta_p = \frac{a_p x + b_p y + c_p z + d_p t + k_p}{\sqrt{a_p^2 + b_p^2 + c_p^2 + d_p^2}} \qquad (p = 1, 2, 3),$$
$$a_1 a_2 + b_1 b_2 + c_1 c_2 + d_1 d_2 = 0,$$
$$a_2 a_3 + b_2 b_3 + c_2 c_3 + d_2 d_3 = 0,$$
$$a_3 a_1 + b_3 b_1 + c_3 c_1 + d_3 d_1 = 0$$

les distances du point x, y, z, t, à trois hyperplans rectangulaires fixes, on a les trois fonctions types

$$T_{4,4} = [(x-a)^2 + (y-b)^2 + (z-c)^2 + (t-d)^2]^{-1},$$
$$T_{4,3} = (\delta_1^2 + \delta_2^2 + \delta_3^2)^{-\frac{1}{2}},$$
$$T_{4,2} = \log(\delta_1^2 + \delta_2^2).$$

II. Ces faits étant rappelés, nous avons montré que les polynomes $V_{m,n}$ d'Hermite sont, sur l'hypersphère

$$(4) \qquad x^2 + y^2 + z^2 + t^2 = 1,$$

des fonctions sphériques déduites de $T_{4,4}$; nous allons montrer que les polynomes adjoints $U_{m,n}$ d'Hermite sont, sur la même hypersphère, des fonctions sphériques déduites de $T_{4,3}$.

En effet, considérons les trois hyperplans rectangulaires, dans l'espace à

quatre dimensions x, y, z, t,

$$ax + by - 1 = 0,\quad z = 0,\quad t = 0.$$

Si l'on appelle δ_1, δ_2, δ_3 les distances d'un point x, y, z, t à ces trois hyperplans, la fonction $T_{4,3}$ devient, à un facteur constant près,

$$T_{4,3} = [(ax + by - 1)^2 + (a^2 + b^2)(z^2 + t^2)]^{-\frac{1}{2}}.$$

En développant cette fonction harmonique suivant les puissances positives de a et b

$$T_{4,3} = \Sigma a^m b^n U_{m,n}^{(4,3)}(x, y, z, t),$$

on voit que les $U_{m,n}^{(4,3)}$ sont des polynomes *homogènes* et de degrés $m+n$ en x, y, z, t; l'homogénéité devient évidente si l'on remarque que le développement ne change pas quand on remplace x, y, z, t par $\lambda x, \lambda y, \lambda z, \lambda t$ et a, b par $\frac{a}{\lambda}, \frac{b}{\lambda}$. Ces polynomes $U_{m,n}^{(4,3)}$ vérifient, comme $T_{4,3}$, l'équation

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial t^2} = 0;$$

ce sont donc des polynomes harmoniques; ce sont d'ailleurs des polynomes spéciaux puisqu'ils ne dépendent de z et de t que par la combinaison $z^2 + t^2$. Mais alors, si l'on prend les valeurs de ces polynomes sur l'hypersphère (4), en éliminant $z^2 + t^2$ par l'équation

$$z^2 + t^2 = 1 - x^2 - y^2,$$

ces polynomes deviennent précisément *les polynomes* $U_{m,n}(x, y)$ *d'Hermite*. En effet, la fonction génératrice $T_{4,3}$ devient, par cette élimination, la fonction

$$[(ax + by - 1)^2 + (a^2 + b^2)(1 - x^2 - y^2)]^{-\frac{1}{2}},$$

qui est la fonction génératrice des polynomes $U_{m,n}(x, y)$ d'Hermite.

Les polynomes $\mathfrak{V}_{m,n}$ et $\mathfrak{U}_{m,n}$ d'Hermite ([1]) se rattachent de même aux fonctions $T_{5,5}$ et $T_{5,4}$. Il s'ouvre ainsi une voie nouvelle pour l'extension systématique des résultats d'Hermite.

([1]) *Œuvres*, t. II, p. 335.

En épuisant la question pour l'espace à quatre dimensions, on pourra encore prendre deux hyperplans rectangulaires

$$ax + by + cz - 1 = 0,$$
$$t = 0,$$

et considérer le potentiel $T_{4,2}$ formé avec les distances δ_1 et δ_2 d'un point à ces deux plans; ce potentiel est, à une constante près,

$$T_{4,2} = \log[(ax + by + cz - 1)^2 + (a^2 + b^2 + c^2)t^2].$$

En le développant suivant les puissances positives de a, b, c,

$$T_{4,2} = \Sigma a^m b^n c^p U^{(4,2)}_{m,n,p}[x, y, z, t],$$

on obtient des polynomes harmoniques homogènes de degrés $m + n + p$, contenant uniquement des puissances paires de t. Par l'élimination de t^2, à l'aide de l'équation de l'hypersphère (4), on transforme ces polynomes en fonctions sphériques

$$U^{(4,2)}_{m,n,p}(x, y, z),$$

ayant pour fonction génératrice

$$\log[(ax + by + cz - 1)^2 + (a^2 + b^2 + c^2)(1 - x^2 - y^2 - z^2)].$$

L'application du théorème de Green, dans l'espace à quatre dimensions, au volume compris entre deux hypersphères de centre O, conduit, pour deux de ces polynomes $V_{m,n}$, $U_{m,n}$, $V^{(4,1)}_{m,n,p}$, $U^{(4,2)}_{m,n,p}$, associés entre eux ou les uns avec les autres, à la formule

$$\int_3 PP' \frac{dx\,dy\,dz}{\sqrt{1 - x^2 - y^2 - z^2}} = 0 \qquad (1 - x^2 - y^2 - z^2 = 0)$$

quand les deux polynomes P et P′ sont de degrés différents.

Je n'insiste pas ici sur la façon dont ces résultats peuvent être étendus aux n types de fonctions sphériques qu'on peut déduire des n fonctions $T_{n+1,s}$ $(s = 2, 3, 4, \ldots, n+1)$, dans l'espace à $n + 1$ dimensions.

M. **Ch. Lallemand** fait hommage à l'Académie du *Compte rendu des travaux effectués en* 1912 par le Service du *Nivellement général de la France*.

M. **F.-C. Grand'Eury** adresse les premières livraisons d'un Mémoire intitulé : *Recherches géobotaniques sur les forêts et sols fossiles et sur la végétation et la flore houillères.*

M. **Émile Wauters**, Correspondant de l'Institut, fait hommage à l'Académie, par l'organe de M. Lippmann, d'une brochure intitulée : *Une œuvre inconnue de Raphaël.*

NOMINATIONS.

Le Prince **Bonaparte**, président de la Société de Géographie, demande à l'Académie de se faire représenter à la cérémonie qui aura lieu, le vendredi 6 juin prochain à la Sorbonne, en l'honneur de l'amiral Peary.

M. **Appell** est désigné pour représenter l'Académie.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'une Commission qui devra présenter une liste de candidats à la place vacante, dans la Section des Académiciens libres, par le décès de M. *Alfred Picard.*

Cette Commission, qui se réunira sous la présidence de M. le Président de l'Académie, doit comprendre : deux membres de la Division des Sciences mathématiques; deux membres de la Division des Sciences physiques; deux membres de la Section des Académiciens libres.

MM. **Lippmann**, **Appell**, pour les Sciences mathématiques; MM. **Müntz**, **Haller**, pour les Sciences physiques; MM. **A. Carnot**, **Tisserand**, pour la Section des Académiciens libres, réunissent la majorité des suffrages.

CORRESPONDANCE.

M. **W.-M. Davis**, élu Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation, adresse des remercîments à l'Académie.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète 1913 a (Schaumasse), faites à l'Observatoire de Besançon, avec l'équatorial coudé.* Note de M. **P. Chofardet**, présentée par M. B. Baillaud.

Dates. 1913.	Temps moyen de Besançon.	Δ𝒜.	Δ𝒫.	Nombre de compar.	Asc. droite apparente.	Log. fact. parall.	Dist. polaire apparente.	Log. fact. parall.	⋆
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Mai 21....	9.44.40	−2,18,73	+ 3.44,6	12:12	19.34.22,63	$9,652_n$	63.16.23,2	$0,756_n$	*a*
» 24....	9.58.23	+0. 9,34	— 2.29,3	12: 9	19. 4.53,77	$9,655_n$	59. 0.28,7	$0,674_n$	*b*
» 24....	9.58.23	−2.31,73	— 3. 7,8	12: 9	19. 4.53,76	$9,655_n$	59. 0.27,8	$0,674_n$	*c*

Position des étoiles de comparaison pour 1913,0.

⋆	Gr.	Asc. droite moyenne.	Réduction au jour.	Dist. polaire moyenne.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
a......	7,0	19.36.39,66	+1,70	63.12.22,8	+15,8	A.G. Cambridge (Engl.), 10253
b......	8,7	19. 4.42,49	+1,94	59. 2.41,6	+16,4	A.G. Leide, 7117
c......	8,2	19. 7.23,56	+1,93	59. 3.19,3	+16,3	A.G. Leide, 7155

Remarques. — Le 24 mai, cette comète, dont l'éclat peut être compris entre la 8e et la 9e grandeur, a la forme d'une nébulosité circulaire de 1′,5 de diamètre avec, au centre, une condensation bien prononcée mais diffuse. Absence de queue.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques propriétés des équations intégrales à noyau non symétrique.* Note de M. **Nicolas Kryloff**, présentée par M. Émile Picard.

M. Hilbert (¹) a divisé, comme on sait, les fonctions continues symétriques de deux variables $K(s, t)$ en trois types : positif, négatif, ambigu, selon que l'intégrale double $\int_a^b \int_a^b K(s, t)\theta(s)\theta(t)\,ds\,dt$ est $\geqq 0, \leqq 0, \gtrless 0$. Cette classification, fondée sur les résultats de la théorie des formes à une infinité des variables, depuis lors a été reprise par M. Mercer (²) et a une grande importance dans la théorie des équations intégrales à noyau symétrisable (³), permettant pour un tel noyau de généraliser, dans un certain sens, l'inégalité de Bessel-Schwarz.

(¹) *Götting. Nachricht.*, Heft 1, 1904.
(²) *Philosoph. Transactions of the Royal Soc. of London*, t. CCIX, p. 415.
(³) Marty, *Comptes rendus*, 1910.

A propos de cette classification on peut faire la remarque suivante, évidente d'ailleurs : Si le champ d'intégration double est un carré, le résultat de l'intégration de $K(s, t)$ est égal à celui de $K(t, s)$, même pour le cas $K(s, t) \neq K(t, s)$, c'est-à-dire pour le cas du noyau *non symétrique*.

L'objet de cette Note sera de présenter quelques conséquences, qui découlent de l'observation susdite pour les valeurs singulières de l'équation intégrale à noyau non symétrique et les résultats ci-dessous obtenus généralisent dans un certain sens, ce semble, pour la transcendante de Fredholm, les résultats connus de Hurwitz [1] à propos de la condition à vérifier, afin que les parties réelles des racines d'une équation algébrique soient toutes du même signe.

L'existence effective des diverses classes des noyaux non symétriques possédant les valeurs singulières permet de poser la question de la manière suivante : Soit $K(s, t)$ une fonction *non symétrique*, réelle, possédant une valeur singulière λ_k, de sorte que

$$(1) \qquad \varphi_k(s) = \lambda_k \int_a^b K(s, t)\, \varphi_k(t)\, dt;$$

en posant

$$\varphi_k(s) = \varphi_{k,1}(s) + i\varphi_{k,2}(s), \qquad \lambda_k = \lambda_{k,1} + i\lambda_{k,2},$$

substituons-les dans (1) et séparons les parties réelles et imaginaires, ce qui nous donne

$$(2) \qquad \left\{ \begin{aligned} \varphi_{k,1}(s) &= \lambda_{k,1} \int_a^b K(s, t)\, \varphi_{k,1}(t)\, dt - \lambda_{k,2} \int_a^b K(s, t)\, \varphi_{k,2}(t)\, dt, \\ \varphi_{k,2}(s) &= \lambda_{k,2} \int_a^b K(s, t)\, \varphi_{k,1}(t)\, dt + \lambda_{k,1} \int_a^b K(s, t)\, \varphi_{k,2}(t)\, dt; \end{aligned} \right.$$

après l'élimination de $\lambda_{k,2}$ de deux équations obtenues, on a

$$(3) \qquad \int_a^b [\varphi_{k,1}^2(s) + \varphi_{k,2}^2(s)]\, ds = \lambda_{k,1} \int_a^b \int_a^b K(s, t)\, [\varphi_{k,1}(t)\, \varphi_{k,1}(s) + \varphi_{k,2}(t)\, \varphi_{k,2}(s)]\, ds\, dt,$$

d'où vient le théorème : *Si le noyau symétrique* $\left[\frac{K(s, t) + K(t, s)}{2}\right]$ *est du type positif, les parties réelles des valeurs singulières* λ_k *seront toutes positives ; elles*

---

(1) *Mathem. Annalen*, t. XLVI.

seront au contraire toutes négatives si le noyau symétrique susdit est du type négatif.

Il est à remarquer que, si le noyau $\frac{K(s,t)+K(t,s)}{2}$ est en général *défini* au sens de M. Hilbert, c'est-à-dire n'est pas du type ambigu, les conditions du théorème précédent seront non seulement suffisantes, mais encore nécessaires, c'est-à-dire, le signe de $\lambda_{k,1}$ sera le même que celui du type du noyau défini symétrique $\frac{K(s,t)+K(t,s)}{2}$. A présent, si l'on élimine $\lambda_{k,2}$ des équations (2), on obtient la relation suivante :

$$o=\lambda_{k,2}\int_a^b\int_a^b\left[\frac{K(s,t)+K(t,s)}{2}\right][\varphi_{k,1}(s)\,\varphi_{k,1}(t)+\varphi_{k,2}(s)\,\varphi_{k,2}(t)]\,ds\,dt,$$

d'où le théorème : *Si le noyau symétrique* $\frac{K(s,t)+K(t,s)}{2}$ *est non seulement* défini, *mais encore* fermé *au sens de M. Hilbert, on a* $\lambda_{k,2}=o$, c'est-à-dire les valeurs singulières λ_k seront réelles, la transcendante de Fredholm n'aura pas, en ce cas, des racines imaginaires; d'où, comme conséquence, on tire, par exemple, que si le noyau symétrique $\frac{K(s,t)+K(t,s)}{2}$ est *fermé*, les racines imaginaires peuvent surgir seulement quand ce noyau est du type ambigu.

Il va sans dire que, par cette voie, on peut obtenir d'un coup bien des théorèmes connus, par exemple pour le noyau symétrique gauche, c'est-à-dire tel que $K(s,t)=-K(t,s)$; on s'assure immédiatement que la transcendante de Fredholm n'a que des racines imaginaires pures, résultat connu d'ailleurs.

Il est à prévoir aussi que le point de vue ci-dessus développé permettra à un certain point de vue d'étudier les équations intégrales à noyau non symétrique, ce que je chercherai à faire dans un travail plus étendu.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Problème du développement d'une fonction arbitraire en séries de Sturm-Liouville.* Note (¹) de M. J. TAMARKINE, présentée par M. Émile Picard.

Dans une Note récente, M. L. Lichtenstein a résolu le problème du développement d'une fonction arbitraire suivant les fonctions de Sturm-

(¹) Présentée dans la séance du 28 avril 1913.

Liouville

(1) $$\frac{d}{dx}\left(r\frac{dV_s}{dx}\right)+[\lambda_s p(x)-q(x)]V_s(x)=0 \qquad \text{dans } (a, b);$$

(2) $$\begin{cases} \dfrac{dV_s}{dx}-hV_s=0 & \text{pour} \quad x=a; \\ \dfrac{dV_s}{dx}+HV_s=0 & \text{pour} \quad x=b; \end{cases}$$

(3) $$\int_a^b pV_s^2\,dx=\pm\lambda_s \qquad (+ \text{ si } \lambda_s>0;\ - \text{ si } \lambda_s<0).$$

L'analyse de M. Lichtenstein repose sur la théorie, due à M. Hilbert, des formes quadratiques à une infinité de variables. Or on peut traiter le problème considéré d'une manière beaucoup plus simple, conformément aux idées générales de M. W. Stekloff, et par une méthode que nous avons employée dans l'étude de vibrations des verges élastiques ([1]).

On suppose que $p(x)$ soit une fonction continue qui peut s'annuler au plus dans un ensemble de points de mesure nulle dans (a, b); $q(x)$ soit une fonction continue non négative dans (a, b); h et H soient des constantes non négatives, finies ou infinies. On peut énoncer alors la proposition suivante :

Toute fonction $f(x)$ vérifiant l'inégalité connue de Lipschitz, jointe aux conditions $f(a)=f(b)=0$, peut être développée en une série uniformément et absolument convergente, de la forme

(4) $$f(x)=\sum_{s=\pm1}^{\pm\infty}A_sV_s(x); \qquad A_s=\pm\int_a^b pfV_s\,dx.$$

On peut poser

$$f(x)=\int_a^x \varphi(x)\,dx+C,$$

$\varphi(x)$ étant une fonction bornée sommable et C une constante. Supposons, pour plus de simplicité,

$$r(x)\equiv 1; \qquad h=H=\infty.$$

Si l'on fait

$$f(x)=\sum_{s=\pm1}^{\pm n}A_sV_s(x)+R_n(x); \qquad \varphi(x)=\sum_{s=\pm1}^{\pm n}A_sV_s'(x)+R_n^{(1)}(x),$$

([1]) Communications de la Société mathématique de Kharkoff, 2e série, t. XII-XIII, 1910-1911. — L'existence des fonctions $V_s(x)$ est établie par M. W. Stekloff, dans son Mémoire *Sur l'existence des fonctions fondamentales, etc.* (*Mem. d. R. Acc. dei Lincei*, 1910).

on trouve

$$\int_a^b (R_n^{(1)})^2\,dx + \int_a^b q R_n^2\,dx = \int_a^b \varphi^2\,dx + \int_a^b q f^2\,dx - \sum_{s=\pm 1}^{\pm n} |\lambda_s| A_s^2,$$

ce qui nous affirme la convergence de la série $\sum |\lambda_s| A_s^2$. Posons maintenant

$$U_s(x) = \frac{1}{\sqrt{|\lambda_s|}} V_s'(x); \qquad B_s = \int_a^b \theta(t) U_s(t)\,dt,$$

$\theta(t)$ étant une fonction quelconque, sommable et de carré sommable. On trouve sans peine

$$\int_a^b \theta^2\,dt - \sum_{s=\pm 1}^{\pm n} B_s^2 - \int_a^b q \left(\sum_{s=\pm 1}^{\pm n} B_s U_s \right)^2 dt \geqq 0.$$

Si l'on fait maintenant

$$\theta(t) = 1, \quad \text{pour} \quad a \leqq t \leqq x; \qquad \theta(t) = 0, \quad \text{pour} \quad x < t \leqq b,$$

on établit immédiatement la convergence uniforme et absolue de la série du second membre de (4). L'identité (4) est alors une conséquence immédiate d'une analyse analogue à celle de M. W. Stekloff (¹).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une extension d'un théorème de Weierstrass et sur une restriction d'un autre théorème du même auteur.* Note de M. **W.-F. Osgood**, présentée par M. Émile Picard.

1. Weierstrass (²) a énoncé le théorème qu'une fonction analytique de plusieurs variables complexes, qui a partout le caractère d'une fonction rationnelle, est bien une fonction rationnelle.

Puisque ce théorème n'est pas vrai si l'espace des variables est restreint au domaine fini, on ne peut se passer d'une hypothèse portant sur l'allure de la fonction dans le domaine infini; et puisque le théorème est bien vrai

(¹) Voir *Problème de refroidissement d'une barre hétérogène* [*Comm. de la Soc. de Kharkoff*, 1896 (en russe)]. Remarquons qu'un résultat analogue, dans le cas plus simple, $q \equiv 0$, est obtenu en même temps, indépendamment de nous, par M. N. Kryloff, comme il a bien voulu nous en informer.

(²) *Journal de Crelle*, t. 89, 1880, p. 5; *Œuvres*, t. II, p. 129.

pour l'espace analytique [1], il est raisonnable d'admettre que Weierstrass avait l'intention que sa supposition eût lieu en tous les points de cet espace.

M. A. Hurwitz [2] a donné une démonstration de ce théorème. Celle-ci est encore valable quand la fonction est soumise à des conditions moins restrictives, de telle sorte qu'on peut énoncer un théorème plus général, qui embrasse ce théorème de Weierstrass comme cas spécial.

Définition. — Soit A le lieu des points suivants de l'espace analytique :

$$(z_1, \ldots, z_{k-1}, b_k, z_{k-1}, \ldots, z_n), \quad |z_i| \leqq \infty, \quad i = 1, \quad \ldots, \quad k-1, \quad k+1; \quad \ldots, \quad n; \quad k = 1, \quad \ldots, \quad n,$$

où le point $(b_1, \ldots, b_n)$ est fixe.

Théorème. — *Une fonction* $F(z_1 \ldots, z_n)$, *qui a le caractère d'une fonction rationnelle en chaque point de* A, *est bien une fonction rationnelle.*

Au moyen d'une transformation homographique

$$z'_k = \frac{\alpha_k z_k + \beta_k}{\gamma_k z_k + \delta_k}, \qquad \begin{vmatrix} \alpha_k & \beta_k \\ \gamma_k & \delta_k \end{vmatrix} \neq 0 \qquad (k = 1, 2, \ldots, n),$$

le point $(b_1, \ldots, b_n)$ se laisse rejeter à l'origine, de telle sorte qu'on peut énoncer le théorème comme il suit :

Une fonction, qui en chaque point des variétés

$$z_1 = 0, \qquad z_2 = 0, \qquad \ldots, \qquad z_n = 0,$$

a le caractère d'une fonction rationnelle, est une fonction rationnelle.

Comme je l'ai déjà remarqué, la démonstration de M. Hurwitz est encore valable en ce cas.

Ainsi, en particulier, une fonction $F(z_1, \ldots, z_n)$ qui a le caractère d'une fonction rationnelle dans le domaine fini et aussi en n points distincts $(\infty, \ldots, \infty, b_k, \infty, \ldots, \infty)$, $k = 1, \ldots, n$, est une fonction rationnelle.

2. Dans le même Mémoire, Weierstrass a aussi énoncé un second théorème. Il est bien connu qu'une fonction analytique de plusieurs

(1) Par *l'espace analytique*, on entend la totalité des points $(z_1, \ldots, z_n)$ pour lesquels $|z_k| \leqq \infty$, $k = 1, 2, \ldots, n$. La notation $|z| \leqq \infty$ veut dire que z est un point quelconque du plan complexe étendu, fermé par le point $z = \infty$.

(2) *Journal de Crelle,* t. 95, 1883, p. 201.

variables ne peut avoir une singularité isolée. Il est néanmoins concevable qu'elle ait un point singulier essentiel isolé, la fonction ayant le caractère d'une fonction rationnelle en tous les autres points de ce voisinage. Weierstrass a affirmé que, pour tout continu T à $2n$ dimensions, il y a des fonctions qui ont le caractère d'une fonction rationnelle en tout point de T, mais qui ont en tout point de la frontière de T une singularité plus haute.

Ce théorème est faux si l'on entend par T un continu quelconque à $2n$ dimensions de l'espace analytique. Par exemple, il n'y a aucune fonction qui ait un seul point singulier essentiel et qui ait partout ailleurs le caractère d'une fonction rationnelle.

D'autre part, considérons le domaine de l'espace analytique, dont les points sont les suivants. Soit B_k un domaine fini du plan de la variable z_k intérieur à une courbe C_k, $k = 1, \ldots, n$; et soit B la partie correspondante de l'espace à $2n$ dimensions. Soit T la partie de l'espace analytique extérieur à B. Alors il n'y a aucune fonction $F(z_1, \ldots, z_n)$ qui ait tout au plus un point singulier non essentiel en chaque point de T, mais qui ait une singularité plus haute en chaque point de la frontière de T.

Il importe de bien remarquer le point suivant. Dans le cas d'une fonction d'une seule variable complexe, il est possible de transformer le domaine infini dans le domaine fini par une transformation homographique. Cependant, quand le nombre des variables est plus grand que *un*, cela ne se peut jamais, puisque au moins un des points, qui appartenaient autrefois au domaine infini, se trouvera encore dans ce domaine.

Quelles sont donc les conditions auxquelles le second théorème de Weierstrass doit satisfaire? Il est évidemment vrai pour un domaine B. Les résultats obtenus tout à l'heure ne le mettent pas en question pour le cas où T est fini, et le cas où T ne contient aucun point du domaine infini.

NOMOGRAPHIE. — *Sur l'application générale de la méthode des points alignés aux problèmes qui se ramènent à des résolutions de triangles sphériques.* Note de M. **M. d'Ocagne**, présentée par M. Paul Appell.

Lorsque, étant donnés trois des éléments d'un triangle sphérique, on veut obtenir les trois autres, on peut se servir de l'unique formule

(1) $$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

(appliquée au besoin au triangle supplémentaire), à la condition toutefois que les éléments inconnus soient calculés dans un certain ordre. Le nomogramme à simple alignement, avec réseau de points à deux cotes (a, A), de cette formule permet donc, à lui seul, d'effectuer la résolution *complète* d'un triangle sphérique dans tous les cas possibles, comme nous l'avons fait voir il y a longtemps [1]. Mais, dans la plupart des cas de la pratique — ceux notamment qui se rencontrent dans les applications de l'Astronomie (navigation ou géodésie) — on n'a à effectuer que des résolutions *partielles* qui consistent, étant donnés trois éléments d'un triangle sphérique, à en calculer directement un quatrième et *celui-là seulement*.

Or, dans un tel problème, les trois données et l'inconnue se groupent nécessairement suivant une des trois dispositions suivantes :

1° D'une part, trois éléments consécutifs, tels que b, A, c, de l'autre un élément isolé tel que a. Le problème se résout alors par la formule (1) où l'une quelconque des quatre variables doit pouvoir être prise comme inconnue et, par suite, nomographiquement, par le nomogramme dont il vient d'être question.

2° Deux couples de deux éléments contigus tels que a et B d'une part, b et A, de l'autre. Le nomogramme à double alignement correspondant est alors celui de la formule

$$\sin a \sin B = \sin b \sin A, \tag{2}$$

qui se compose de deux échelles identiques, parallèles, de la fonction log sin, et d'une charnière rectiligne, parallèle à ces deux échelles et à égale distance de l'une et de l'autre, le mode d'emploi de ce nomogramme (sur lequel on fait correspondre une des échelles à a et b, l'autre à A et B) résultant d'ailleurs de ce que les deux alignements (aB) et (bA) se coupent sur la charnière.

3° Enfin, quatre éléments consécutifs, tels que C, a, B, c, auquel cas la formule qui

---

(1) *Bulletin des Sciences astronomiques*, t. XI, 1894, p. 5. Ce nomogramme a été reproduit dans notre *Traité de Nomographie*, p. 331. Lorsqu'on écrit la formule (1) ci-dessus sous la forme équivalente

$$2 \cos a = (1 + \cos A)\cos(b - c) + (1 - \cos A)\cos(b + c),$$

on obtient un nomogramme de forme beaucoup plus simple en prenant comme variables a, A, $b - c$ et $b + c$ (*Traité de Nomographie*, p. 328). En ce cas, le nomogramme ne se prête qu'au calcul de a ou de A, non de b ni de c; mais nous avons fait voir que, moyennant l'adjonction au triangle à résoudre de certains triangles annexes (*Comptes rendus*, t. 138, 1904, p. 70), on pouvait arriver à effectuer toutes les résolutions possibles de triangles sphériques au moyen de ce seul nomogramme simplifié.

s'applique est

(3) $$\cos a \cos B = \sin a \cot c - \sin B \cot C.$$

Le nomogramme à simple alignement de cette formule est constitué par deux échelles rectilignes pour (c) et (C), définies, en coordonnées parallèles u et v, par

$$u = \mu \cot c, \qquad v = \mu \cot C$$

et un réseau de points à deux cotes (a, B) défini par

$$u \sin a - v \sin B = \mu \cos a \cos B,$$

dont les deux systèmes de lignes cotées sont constitués par des hyperboles ayant un axe commun, ces deux systèmes étant symétriques l'un de l'autre par rapport à une perpendiculaire à cet axe commun. Ce nomogramme a d'ailleurs été construit, en vue du calcul de l'azimut dans le point à la mer, par M. le lieutenant de vaisseau Perret, professeur de calculs nautiques à l'École Navale, auteur d'un très grand nombre d'importantes applications de la méthode des points alignés à des problèmes d'art naval ([1]).

Une fois ces trois nomogrammes construits, tout problème tributaire de la résolution d'un triangle sphérique recevra une solution nomographique DIRECTE *par l'emploi de l'un d'entre eux*. Par DIRECTE il faut entendre : sans qu'il soit besoin (comme cela aurait lieu en certains cas si l'on ne disposait que du premier des nomogrammes ci-dessus seulement) de passer par le calcul d'aucune variable auxiliaire.

Si l'une des trois données reçoit une valeur fixe, on peut avoir immédiatement le nomogramme correspondant en extrayant d'un des trois nomogrammes fondamentaux ci-dessus les trois systèmes cotés correspondant aux trois variables conservées, avec l'élément isolé (point ou ligne) correspondant à la variable rendue fixe ([2]).

Nous insisterons, en terminant, sur la remarque que voici : la formule (2) renfermant les quatre variables qui y interviennent groupées deux à deux, respectivement dans chacun de ses membres, pourrait être représentée par accolement de deux nomogrammes à entrecroisement; mais

([1]) *Compte rendu de l'Association française pour l'Avancement des Sciences* (Congrès de Cherbourg, 1905, p. 93).

([2]) Tel est le cas notamment du nomogramme que nous avons construit pour la préparation des observations à l'équatorial de l'Observatoire de Paris (*Comptes rendus*, t. 135, 1902, p. 728), de celui également que, d'après nos propres indications, M. Kannapell a établi pour la résolution du point en ballon par l'observation d'une des six étoiles les plus brillantes visibles dans notre hémisphère.

il ne saurait en être de même des deux autres, et, par suite, *ce n'est que grâce à la méthode des points alignés que l'on a pu traduire nomographiquement les formules* (1) *et* (3) *qui sont d'un usage courant dans les applications* [1].

C'est dans le fait qu'elle permet ainsi de représenter nomographiquement des équations à plus de trois variables échappant aux méthodes fondées sur l'entrecroisement, que celle des points alignés puise un de ses principaux intérêts.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur l'équivalence de certaines formes quadratiques ternaires indéfinies de même genre.* Note [2] de M. **Th. Got**, présentée par M. G. Humbert.

Un des principaux résultats des travaux d'Arnold Meyer sur les formes quadratiques ternaires indéfinies est le suivant : Deux formes proprement primitives de mêmes invariants Ω, Δ, dont aucun n'est divisible par 4 et qui n'ont aucun facteur commun impair, sont équivalentes si elles appartiennent au même genre. C'est le cas notamment de deux formes

$$f = x^2 - \varphi(y, z), \qquad f_1 = x^2 - \varphi_1(y, z),$$

où φ et φ_1 désignent des formes binaires positives de même discriminant Δ, impair ou impairement pair, primitives et appartenant au même genre. Ces formes $x^2 - \varphi$ jouent un rôle important dans certains travaux de Poincaré et de M. Humbert; il n'est donc pas sans intérêt de simplifier, par ce cas particulier, la démonstration faite par Arnold Meyer pour le cas général. Voici comment on y parvient pour les discriminants Δ de la forme $4n + 2$ ou $4n + 3$ et aussi, dans des cas étendus, pour ceux de la forme $4n + 1$ ou $8n + 4$.

Soient d'abord φ et φ_1 deux formes de discriminant $4n + 2$ ou $4n + 3$, de même genre, mais non équivalentes ni proprement, ni improprement : je les suppose proprement primitives, ce qui n'introduit pas de restriction essentielle dans la démonstration. Comme le remarque Arnold Meyer, il existe une infinité de produits pq de deux nombres premiers, premiers à Δ et représentables à la fois par φ et par φ_1. On peut donc ramener ces

(1) Pour reconnaître qu'une telle possibilité n'existe, en effet, qu'avec cette méthode, on voudra bien se reporter aux considérations développées dans une de nos précédentes Notes (*Comptes rendus*, t. 148, 1909, p. 1244).

(2) Présentée dans la séance du 19 mai 1913.

formes par des substitutions unimodulaires aux types

$$\varphi = (pq, g, c) \quad \text{et} \quad \varphi_1 = (pq, g_1, c_1).$$

De plus, pour les discriminants $4n+2$ ou $4n+3$, les nombres premiers p et q peuvent être tous deux de la forme $4n+3$. Il en résulte que les équations

(1) $$t^2 - pqu^2 = -1$$

et

(2) $$t^2 - pqu^2 = \pm 2$$

sont impossibles, et, par un raisonnement connu, que la solution fondamentale t, u de l'équation

(3) $$T^2 - pqU^2 = 1$$

est telle que ni $t-1$, ni $t+1$ ne sont divisibles par pq.

Considérons alors la substitution S définie par le Tableau de neuf coefficients :

$$\begin{vmatrix} t & pqu & g_1 u \\ u & t & \dfrac{g_1 t - g}{pq} \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

Elle change $x^2 - \varphi(y, z)$ *en* $x^2 - \varphi_1(y, z)$, et d'ailleurs ses coefficients sont entiers. En effet, de l'égalité des discriminants des deux formes φ et φ_1, et de la propriété de la solution fondamentale de (3), on conclut sans difficulté que $g_1 t - g$ est divisible par pq. Les deux formes $x^2 - \varphi$ et $x^2 - \varphi_1$ sont donc équivalentes.

La démonstration s'applique encore dans des cas étendus aux formes de discriminants $4n+1$ ou $8n+4$. *Il suffit qu'il y ait une classe ambiguë qui puisse représenter des nombres* $4n+3$. En désignant par ψ une forme quelconque de la duplication de laquelle résulte la forme du genre principal $\varphi\varphi_1$, on a en effet (1)

$$\varphi = \psi\psi_1, \qquad \varphi_1 = \psi\psi_1^{-1}.$$

Mais on peut multiplier ψ et ψ_1 par une même classe ambiguë quelconque. Si donc ψ ne représente pas déjà des nombres $4n+3$, c'est-à-dire si

(1) Cf. Arnold Meyer, *Journal de Crelle*, t. 108.

$\left(\frac{-1}{\psi}\right) = +1$, on pourra choisir la classe ambiguë α, de façon que $\psi\alpha$ en représente.

Alors si $\left(\frac{-1}{\varphi}\right) = +1$ et $\left(\frac{-1}{\psi}\right) = +1$, on prendra $\psi\alpha$ au lieu de ψ et l'on aura

$$\left(\frac{-1}{\psi\alpha}\right) = \left(\frac{-1}{\psi_1\alpha}\right) = -1,$$

de sorte que φ et φ_1 pourront encore représenter un même produit pq de deux nombres premiers $4n+3$.

Si au contraire $\left(\frac{-1}{\varphi}\right) = -1$, l'un des nombres premiers p et q est congru à 1 et l'autre à 3, (mod 4); cela suffit pour que l'équation (1) soit impossible; mais comme les formes de discriminants $4n+1$ ou $8n+4$ n'ont pas de caractères particuliers $\left(\frac{2}{m}\right)$, ni $\left(\frac{-2}{m}\right)$, on pourra déterminer p et q de manière à rendre également les équations (2) impossibles.

Dans un cas comme dans l'autre la transformation S pourra donc encore être employée. Mais s'il n'y a pas de forme ambiguë α, pour laquelle $\left(\frac{-1}{\alpha}\right) = -1$, elle ne pourra l'être en général, sauf, bien entendu, si le genre de φ et de φ_1 peut représenter des nombres $4n+3$, cas où notre raisonnement ne fait pas intervenir les formes ambiguës.

Enfin la démonstration s'applique également aux formes $x^2 - \varphi$, $x^2 - \varphi_1$, où φ et φ_1 sont des formes *indéfinies*.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la viscosité de l'atome*. Note de M. L. **Décombe**, présentée par M. Appell.

Comme ceux d'absorption lumineuse, les phénomènes diélectriques anormaux (résidus, chaleur de Siemens, etc.) trouvent leur explication dans l'existence d'un terme de viscosité, proportionnel à la vitesse, qui affecterait le mouvement des particules soumises au rayonnement lumineux ou au champ électrique extérieur (1). Ce terme, considéré jusqu'ici comme empirique, paraît cependant pouvoir être rattaché aux principes fonda-

(1) *Comptes rendus*, t. 152, p. 1755; t. 153, p. 1469; t. 154, p. 191, et *Journal de Physique*, mars 1912.

mentaux de la Mécanique rationnelle par un mécanisme que nous avons précédemment esquissé ([1]), mais qu'on peut chercher à approfondir.

I. Assimilons l'atome à un assemblage de *spectrons*, c'est-à-dire petits systèmes dynamiques formés chacun par un certain nombre d'électrons gravitant sur une même orbite sous l'action d'une force centrale attirante proportionnelle à la distance. Soient : r le vecteur instantané d'un électron évoluant sur une orbite spectronique; x, y, z ses coordonnées relatives à trois axes rectangulaires ayant le centre attirant O pour origine; e la charge d'un électron, $-K'_1 er$ la force attirante et enfin $\xi(t)$, $\eta(t)$, $\zeta(t)$ les composantes du champ électrique suivant les trois axes Ox, Oy, Oz. Les équations du mouvement sont les suivantes :

$$(1)\quad m\frac{d^2x}{dt^2}=-K'_1ex-e\xi(t),\quad m\frac{d^2y}{dt^2}=-K'_1ey-e\eta(t),\quad m\frac{d^2z}{dt^2}=-K'_1ez-e\zeta(t).$$

Leur intégrale se compose de l'intégrale générale des équations sans second membre

$$(2)\qquad m\frac{d^2x}{dt^2}=-K'_1ex,\qquad m\frac{d^2y}{dt^2}=-K'_1ey,\qquad m\frac{d^2z}{dt^2}=-K'_1ez,$$

à laquelle on doit ajouter une solution particulière des équations complètes. Elle représente donc un mouvement elliptique de l'électron autour d'un point O′ dont les coordonnées u, v, w satisfont à chaque instant aux relations

$$(3)\quad m\frac{d^2u}{dt^2}=-K'_1eu-e\xi(t),\quad m\frac{d^2v}{dt^2}=-K'_1ev-e\eta(t),\quad m\frac{d^2w}{dt^2}=-K'_1ew-e\zeta(t).$$

Le vecteur OO′ (u, v, w) peut servir de mesure à la déformation instantanée du spectron sous l'action du champ extérieur.

Si nous admettons que le mouvement orbital de l'électron d'une part, et le déplacement du point OO′ d'autre part, sont affectés par de très petites discontinuités, il y aura lieu, conformément au mécanisme que nous avons précédemment développé ([2]), de remplacer dans les équations (2) x, y, z par $x+\tau_1\frac{dx}{dt}$, $y+\tau_1\frac{dy}{dt}$, $z+\tau_1\frac{dz}{dt}$ et, dans les équations (3) u, v, w par $u+\tau\frac{du}{dt}$, $v+\tau\frac{dv}{dt}$, $w+\tau\frac{dw}{dt}$, ce qui conduit à des équations (2′) et (3′)

([1]) *Comptes rendus*, t. 155, p. 1217, et *Journal de Physique*, février 1913.
([2]) *Ibid.*

que, pour abréger, nous n'écrivons pas (τ_1 et τ désignent des quantités très petites, mais finies, qu'il appartient à l'expérience de déterminer).

Le mouvement de l'électron est alors représenté par une rotation amortie (2') autour d'un point O' qui effectue, relativement au centre attirant O, un mouvement défini par la solution particulière des équations (3'). Nous retrouvons dans celles-ci les équations fondamentales sur lesquelles Lorentz a fondé empiriquement la théorie de l'absorption lumineuse et qui nous ont servi, d'autre part, à édifier une théorie des phénomènes diélectriques résiduels ([1]).

II. Les discontinuités dont nous avons admis l'existence paraissent pouvoir être attribuées à un mouvement irrégulier d'agitation qui affecterait, d'une part, le mouvement orbital de l'électron et, d'autre part, le déplacement du point O'. Nous pouvons admettre que cette agitation tend spontanément vers une sorte de régime stationnaire, fonction de la déformation spectronique mesurée par le vecteur OO'.

Dans ces conditions, on conçoit très bien que, si le champ électrique et par suite la déformation électrique OO', viennent à être modifiés, les réactions mutuelles des électrons dans leur mouvement d'agitation tendent à s'opposer à la réalisation instantanée de l'état de régime qui correspond aux valeurs successives de la déformation et qu'il en puisse résulter, entre les électrons, des réactions supplémentaires d'autant plus importantes que la vitesse de déformation est plus grande. C'est à ces réactions supplémentaires, qui disparaîtraient d'ailleurs dans une déformation dont la vitesse serait infiniment petite (l'état de régime pouvant être alors considéré comme réalisé à chaque instant), qu'il faudrait attribuer l'énergie dissipée dans toute déformation atomique accomplie avec une vitesse finie et, par conséquent, rapporter, suivant notre hypothèse fondamentale ([2]), l'origine de la chaleur thermodynamique non compensée.

III. Dans la théorie qui précède, l'énergie spectrale émise par un atome doit être considérée comme accompagnée de fluctuations (inaccessibles à l'observation) qui n'altèrent pas le caractère périodique des diverses radiations. La plus petite quantité contrôlable ε' d'énergie spectrale radiée serait représentée par le travail ($n K'_1 e \tau_1^2 v^2$) de la viscosité pendant le temps τ_1 (v représente la vitesse orbitale instantanée). Si, par analogie avec

([1]) *Journal de Physique*, mars 1912.

([2]) *Comptes rendus*, t. 152, p. 315 et 1300; *Journal de Physique*, mai 1911.

un résultat que nous avons déduit des expériences de M. Höchstädter (1), nous admettons que τ_1 soit proportionnel à T_1, la valeur moyenne de ε' prend la forme $k\varepsilon$ (ε désignant l'énergie du spectron) ou encore $n\frac{h'}{T}$ en regardant ε, conformément aux considérations que nous avons rattachées à la théorie électronique de la gravitation (2), comme étant lui-même de la forme $n\frac{h}{T}$.

Comme l'énergie propre du spectron, l'énergie spectrale radiée serait aussi un multiple entier d'un quantum élémentaire proportionnel à la fréquence. Ce résulat n'impliquerait d'ailleurs aucune discontinuité réelle de l'énergie, mais seulement une discontinuité apparente qui tiendrait, dans le premier cas, à la structure discontinue de la matière, et dans le second, à l'existence d'une agitation électronique que l'imperfection de nos appareils et de nos organes ne nous permet pas de discerner.

PHYSIQUE. — *Sur la relation entre l'énergie lumineuse et l'action photochimique.* Note (3) de M. **A. Tian**, présentée par M. Lippmann.

La proportionnalité entre l'effet photochimique et l'absorption lumineuse qui l'accompagne *nécessairement* est souvent considérée comme une loi fondamentale de la photochimie. Il n'existe pas malheureusement, entre les deux phénomènes, une relation aussi simple : en lumière complexe notamment, la loi de proportionnalité est exceptionnelle; il paraît utile de préciser dans quelles conditions elle est vérifiée.

1. Examinons en premier lieu le cas d'un éclairage monochromatique.

a. Supposons d'abord l'épaisseur de la couche de substance exposée et sa concentration assez faibles pour que l'absorption de la lumière soit négligeable. Toutes les molécules réagissantes sont soumises au même éclairement de ε watts par centimètre carré fourni par la source de longueur d'onde λ. Si l'on désigne par dQ la quantité de matière transformée par centimètre cube et dans le temps dt, on peut accepter, dans ces conditions, comme vérifiée très généralement par l'expérience la proportionnalité entre

(1) *Journal de Physique*, mars 1912.

(2) *Comptes rendus*, t. 156, p. 940 et 1222.

(3) Présentée dans la séance du 13 mai 1913.

l'action chimique et l'énergie lumineuse $\varepsilon\, dt$ reçue

$$dQ = \varphi\, \varepsilon\, dt,$$

φ est une constante caractéristique du phénomène; on peut l'appeler *pouvoir photochimique de la radiation* λ *pour la transformation de la substance donnée, dans les conditions de l'expérience.* On ne saurait parler en général de pouvoir photochimique d'une radiation, puisque telle radiation qui se montre très active dans un cas se montre inactive dans un autre.

b. Si l'absorption de la lumière n'est pas négligeable, on considérera ce qui se passe par centimètre carré dans une tranche d'épaisseur dx à la distance x de la surface éclairée. La quantité de matière transformée sera, a étant la constante d'absorption du système supposé homogène,

$$d^2 Q = \varphi\, dx\, \varepsilon\, e^{-ax}\, dt,$$

et pour l'épaisseur totale l

$$dQ = \varphi\, \varepsilon\, ds \int_0^l e^{-ax}\, dx = \frac{\varphi}{a} \varepsilon (1 - e^{-al}).$$

Il n'y a plus proportionnalité entre l'énergie *reçue* $\varepsilon\, dt$ et l'action exercée, à moins de considérer le système sous une épaisseur toujours la même; mais, pour un *système donné*, $\varepsilon(1 - e^{-al})$ représentant l'énergie *absorbée*, il y aura rapport constant entre cette énergie et l'action chimique.

Pour qu'il y ait, d'une façon générale, proportionnalité entre la cause et l'effet infiniment petit, quelles que soient les conditions de l'expérience (température, dilution de la substance sensible à la lumière, etc.), il faut que le coefficient $\frac{\varphi}{a}$ conserve une valeur invariable, dépendant seulement de la *radiation* et de la *nature* de la transformation; ce fait se présentera lorsque φ et a varieront suivant la même loi avec la température, la dilution, etc. L'hydrolyse de l'acide chloroplatinique étudiée par M. Boll est un exemple du cas où a variant comme la première puissance de la concentration (loi de Beer applicable) et φ comme la deuxième (réaction du second ordre), le rapport $\frac{\varphi}{a}$ dépend de la dilution. Ce quotient, très intéressant à considérer, mériterait le nom de *coefficient d'utilisation* de la radiation λ pour la transformation donnée.

c. La loi de proportionnalité ne sera vérifiée, pour une modification finie, que si le rapport $\frac{\varphi}{a}$ conserve en outre une valeur constante au cours

de la transformation. Il en sera ainsi lorsque les produits formés sont transparents et ne catalysent pas la réaction (décomposition photochimique de l'eau oxygénée).

2. *Phénomène photochimique en lumière complexe.* — Soit maintenant un rayonnement comprenant n radiations $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_n$ fournissant en tous les points (absorption négligeable) les éclairements $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_n$, on aura évidemment

$$dQ = \varphi_1 \varepsilon_1 \, dt + \varphi_2 \varepsilon_2 \, dt + \ldots + \varphi_n \varepsilon_n \, dt.$$

Si l'on fait varier tous les éclairements dans un même rapport, et *seulement dans ce cas*, la loi de proportionnalité entre l'énergie *reçue* et l'action chimique se vérifiera. On pourra ainsi confirmer, en lumière complexe, la loi élémentaire admise, équation (1); j'ai vérifié de cette manière la proportionnalité entre l'énergie reçue et la quantité d'eau ou de peroxyde d'hydrogène décomposée par le rayonnement total d'une lampe à mercure, en affaiblissant la lumière à l'aide de toiles métalliques, et non d'écrans absorbants. En couche d'épaisseur l la quantité de matière transformée sera

$$dQ = \frac{\varphi_1}{a_1}\varepsilon_1(1 - \varepsilon^{-a_1 l})\, dt + \frac{\varphi_2}{a_2}\varepsilon_2(1 - e^{-a_2 l})\, dt + \ldots + \frac{\varphi_n}{a_n}\varepsilon_n(1 - e^{-a_n l})\, dt,$$

il n'y aura proportionnalité, en général, entre la vitesse de réaction et la puissance absorbée, que si l'on peut écrire, Γ étant une constante,

$$\frac{dQ}{dt} = \Gamma[\varepsilon_1(1 - \varepsilon^{-a_1 l}) + \varepsilon_2(1 - e^{-a_2 l}) + \ldots + \varepsilon_n(1 - e^{-a_n l})],$$

ce qui exige

$$\frac{\varphi_1}{a_1} = \frac{\varphi_2}{a_2} = \ldots = \frac{\varphi_n}{a_n} = \Gamma,$$

c'est-à-dire si le *coefficient d'utilisation des différentes radiations est le même*. Cette condition sera rarement vérifiée : un grand nombre de substances, pour ne pas dire toutes, qui sont décomposées seulement par les radiations visibles ou ultraviolettes, sont opaques pour une partie au moins de l'infra-rouge : pour elles $\frac{\varphi}{a}$ ne sera pas constant.

Enfin, comme dans le cas d'un éclairage monochromatique, il n'y aura rapport invariable entre l'énergie absorbée et l'effet produit pour une *nature* déterminée de transformation que si la valeur du quotient $\frac{\varphi}{a}$,

commune à toutes les radiations, est indépendante des conditions expérimentales, et, pour une modification finie, de la présence des corps formés.

En résumé, on peut dire : *la condition nécessaire et suffisante pour qu'il y ait dans une transformation photochimique*, indépendamment des conditions de l'expérience, *proportionnalité entre l'énergie radiante absorbée et la quantité de matière modifiée, est que le coefficient d'utilisation de la lumière*, rapport du pouvoir photochimique défini par la relation (1) à la constante d'absorption, *soit le même pour toutes les radiations*, *reste inaltéré par une modification quelconque* (température, dilution, etc.) *des conditions du système et demeure constant pendant que le système se modifie à la lumière.*

OPTIQUE. — *Sur la théorie des appareils servant à l'étude de la lumière polarisée elliptiquement.* Note [1] de M. L. **Chaumont**, présentée par M. J. Violle.

Une théorie algébrique des appareils propres à l'étude de la lumière elliptique a été donnée par Tuckerman [2]; je me propose d'indiquer brièvement comment la représentation géométrique de Poincaré [3] peut être utile pour faire cette théorie d'une façon simple et générale. Je me bornerai ici à considérer le cas des appareils à pénombre formés de plusieurs plages d'éclat uniforme et utilisés en lumière monochromatique.

Le faisceau incident qui constitue la vibration à analyser est caractérisé par son « éclat » ε_0 et son état de polarisation représenté par un point X de la sphère de Poincaré ; il est limité par deux diaphragmes placés : l'un sur l'analyseur, l'autre soit à l'infini, soit près de l'appareil producteur de la vibration à étudier. On peut toujours supposer la vibration X décomposée en deux vibrations elliptiques conjuguées représentées par les extrémités EE' d'un diamètre quelconque de la sphère et d'éclat respectif $\varepsilon_0 \overline{E'X}^2$ et $\varepsilon_0 \overline{EX}^2$.

L'analyseur comprend un ou plusieurs analyseurs rectilignes (nicols) et des lames cristallines quelconques. Introduisons la restriction que le premier nicol N rencontré par la lumière n'est précédé que de lames biréfringentes ou douées de pouvoir rotatoire : l'action de chacune de ces lames se traduit

(1) Présentée dans la séance du 19 mai 1913.

(2) L.-B. Tuckerman, *Nebraska University Studies*, t. IX, n° 2, April 1909.

(3) H. Poincaré, *Théorie mathématique de la lumière*, t. II, 1892, p. 275.

par une rotation du point X sur la sphère et toutes ces rotations peuvent se composer en une seule. Si EE′ est le diamètre transformé par cette rotation résultante en RR′, R étant la vibration rectiligne arrêtée par le nicol N, la composante E′ de X traversera seule N. Comme son état de polarisation est complètement défini par N, tout ce qui suit la modifie d'une façon indépendante de X, et l'éclat du faisceau à la sortie de l'analyseur peut se mettre sous la forme

$$\varepsilon = \varepsilon_0 k \overline{EX}^2, \qquad (1)$$

la valeur de k (coefficient de transmission) et la position de E (vibration privilégiée) ne dépendant que de l'analyseur.

Supposons un analyseur formé des plages $E_{01}, k_1, \ldots E_{0p} k_p$, dont l'aspect est caractéristique d'une vibration incidente A_0 et la distingue de toutes ses voisines, l'analyseur $E_1 k_1, \ldots E_p k_p$, obtenu en déplaçant sur la sphère l'ensemble invariablement lié des points E_0, sans modifier les coefficients k, définira la vibration A déduite de A_0 par ce mouvement et la distinguera de ses voisines avec les mêmes apparences.

Un analyseur pointant une vibration A *ainsi variable peut être formé d'un ensemble rigide de nicols et de lames cristallines (système de plages) précédé d'une lame biréfringente (compensateur). La position de* A *dépend de trois paramètres : l'épaisseur optique du compensateur, son orientation et celle des plages. Leur connaissance permet de déduire les coordonnées de* A *de celles de la vibration* A_0 *définie par la position initiale du système de plages seul. Quelle que soit la vibration incidente* X, *l'observateur peut, en agissant sur ces paramètres, faire coïncider* A *avec elle, et, par l'examen des plages, vérifier cette coïncidence avec la même erreur évaluée en distance sur la sphère Poincaré.*

Système de plages. — Les plages sont observées avec une lunette qui donne sur la pupille l'image du second diaphragme limitant le faisceau incident. L'éclairement de l'image rétinienne d'une plage d'éclat ε est

$$e = \varepsilon k_0 n^2 \omega, \qquad (2)$$

n étant l'indice du milieu de l'œil, ω l'angle solide sous lequel le cercle oculaire est vu du fond de l'œil et k_0 un coefficient inférieur à l'unité (pertes de lumière par la lunette d'observation et l'œil).

L'égalité d'éclairement des images des plages considérées deux à deux est l'aspect sensible servant le plus souvent à définir une vibration incidente. Cette égalité de deux plages $E_1 k_1$, $E_2 k_2$ a lieu pour toutes les vibrations incidentes représentées par les points de la sphère dont le rapport des distances à E_1 et E_2 est $\sqrt{k_2} : \sqrt{k_1}$. Soient A un tel point, e l'éclairement obtenu pour les images des deux plages; portons sur les droites AE_1, AE_2, les longueurs $AD_1 = \sqrt{k_1}$, $AD_2 = \sqrt{k_2}$ et joignons $D_1 D_2$; les for-

mules (1) et (2) montrent facilement que pour une vibration incidente représentée par un point X voisin de A la différence des éclairements des deux parties de l'image rétinienne est $\Delta e = 2\sqrt{ee_0}\,(\overline{AX}.\overline{D_1D_2})$, où $(\overline{AX}.\overline{D_1D_2})$ représente le produit géométrique de ces vecteurs et $e_0 = \varepsilon_0 k_0 n^2 \omega$ l'éclairement de la rétine si l'analyseur était supprimé sans modifier en rien la marche géométrique du faisceau lumineux.

Si Δe est la plus petite différence d'éclairement observable dans les conditions de l'expérience, on voit que la comparaison de deux plages prouve que la vibration incidente X est à l'intérieur d'un ruban circulaire qui en A est perpendiculaire à D_1D_2 et a pour demi-largeur

$$\text{(3)} \qquad AH = \frac{\Delta e}{\sqrt{e}} \frac{1}{\sqrt{e_0}} \frac{1}{2 D_1 D_2}.$$

Nous ne ferons pas ici la discussion de la sensibilité qui résulte de cette formule. Un analyseur à deux plages est insuffisant pour définir une vibration elliptique quelconque : on peut se servir de quatre plages en comparant seulement les plages 1, 2 et 3, 4. La vibration définie est représentée par le point A, intersection des deux cercles correspondant à chacune de ces égalités. On obtient la plus grande précision en plaçant E_3, E_4 sur le cercle relatif aux plages 1, 2, et inversement.

Compensateur. — Pour amener A en coïncidence avec la vibration à analyser X, il suffit de disposer de deux des trois paramètres déjà définis, mais il est préférable d'agir successivement sur deux variables, combinaisons de ces quantités telles que les courbes ainsi décrites par le point A forment deux systèmes orthogonaux, les points E_1E_2 appartenant à une courbe de la première famille, E_3E_4 à une courbe de la seconde. La double égalité s'obtiendra, en effet, très rapidement, car, pour des positions de A voisines de X, l'égalité d'un des groupes de deux plages ne dépendra que de l'une des variables. En outre, il est avantageux de choisir pour ces deux systèmes de courbes les méridiens et les parallèles, la forme et l'orientation de la vibration analysée seront alors séparément définies par l'égalité d'un des deux groupes de plages et mesurées par une des variables.

L'une des variables choisies est toujours la rotation de l'analyseur qui fait décrire un parallèle au point A. Les conditions précédentes sont satisfaites si l'on prend pour seconde variable : 1° le retard introduit par le compensateur, ses lignes neutres faisant un angle de 45° avec la vibration A_0; 2° la rotation du système de plages seul, le compensateur étant quart d'onde. Elles le sont approximativement si le compensateur est voisin d'un quart d'onde et dans le cas d'un compensateur d'épaisseur faible (Brace), la seconde variable choisie étant alors la rotation du compensateur seul.

PHYSIQUE. — *Le triplet magnétique normal et la règle de Preston.* Note de M. R. **Fortrat**, présentée par M. E. Bouty.

On sait que le triplet normal de Lorentz est caractéristique des raies appartenant à des séries de raies simples, les raies appartenant à des séries de doublets ou de triplets donnent au contraire des décompositions plus compliquées, mais toujours les mêmes dans des séries correspondantes, quel que soit l'élément chimique qui les émet (règle de Preston).

Paschen et Back (¹) ont rattaché au triplet normal la décomposition des raies du triplet naturel 3947 de l'oxygène ($\Delta\lambda = 0,293$; $\Delta n = 1,88$ cm-sec). Ils ont montré que, dans un champ assez intense, on n'a plus en tout qu'un triplet magnétique très voisin du triplet normal. Il était important d'étudier un doublet au même point de vue : le doublet 2853 du sodium se prête particulièrement bien à cette étude ; il se prête même mieux que le triplet 3947 de l'oxygène à l'observation des phénomènes dans un champ croissant, mais il exige un champ magnétique très intense et un appareil spectral très lumineux et très dispersif dans cette région ultraviolette. M. P. Weiss ayant bien voulu mettre à ma disposition les appareils nécessaires, j'ai pu, sur le conseil de M. Paschen, entreprendre l'expérience dont je vais exposer les principaux résultats.

J'ai employé la même source de lumière que Back (¹) ; elle donne les raies du doublet très fines et assez intenses pour qu'une pose de 20 minutes en dehors du champ et de 2 heures dans le champ soit suffisante. Les raies ont pour longueurs d'onde 2852,828 et 2853,031 par rapport aux étalons tertiaires du spectre du fer déterminés par Buisson et Fabry (²) ($\Delta\lambda = 0,203$; $\Delta n = 2,49$ cm-sec).

Dans un champ faible, la décomposition se produit conformément à la règle de Preston. Dans un champ de 34400 gauss se présentent deux anomalies :

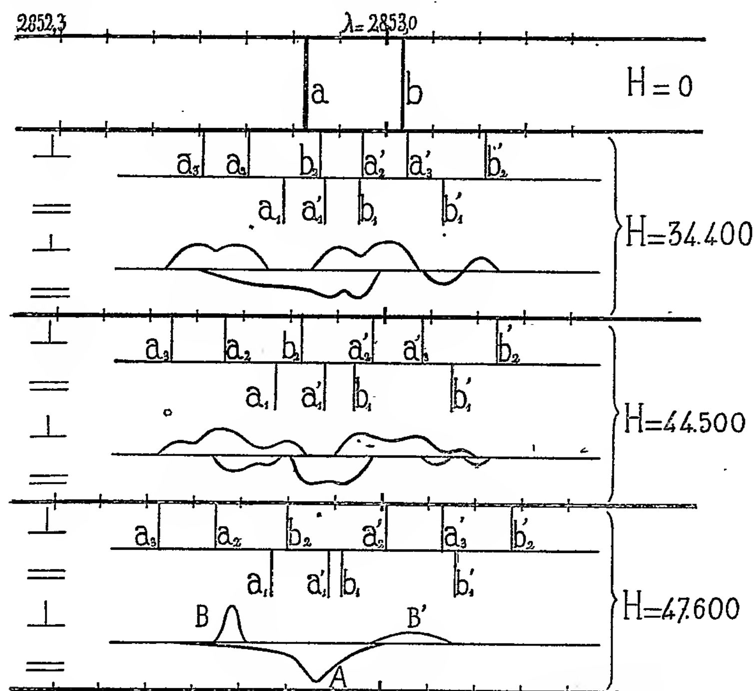
Les composantes b'_2 et b'_1 sont trop faibles, a'_2 et a'_3 ne sont pas séparées tandis que a_2 et a_3 le sont. La première anomalie est le commencement de la transformation que je vais décrire, la seconde n'a probablement aucun

(¹) Paschen et Back, *Ann. der Phys.*, t. XXXIX, 1912, p. 897, et t. XL, 1913, p. 960.

(²) Buisson et Fabry, *Atlas du spectre de fer* (Paris, Hermann) et *Recueil de constantes physiques* (Paris, Gauthier-Villars), p. 434.

rapport avec elle : la théorie de Ritz permet de prévoir qu'elle existe et qu'elle est plus importante sur les termes de rang élevé des séries que sur les premiers. Ces anomalies se constatent plus facilement sur le doublet 3303 de la même série du sodium, l'anomalie de l'intensité est très marquée sur la reproduction donnée par Back (1).

Dans un champ de 44500 gauss, les mesures deviennent très pénibles, car le tout devient très flou; néanmoins on peut encore reconnaître la plupart des composantes régulières, mais avec des intensités et des polarisations très anormales et des déplacements supérieurs aux erreurs des pointés.



Les droites représentent les positions théoriques des composantes, les courbes représentent les intensités évaluées sur les clichés. Les droites horizontales les séparent ce qui se rapporte aux vibrations électriques parallèles au champ (au-dessous) de ce qui se rapporte aux vibrations perpendiculaires (au-dessus).

Le champ le plus intense que j'ai pu employer vaut 47600 gauss. De 10 composantes que prévoit la règle de Preston, il ne reste plus qu'un triplet dont une seule composante (B) est nette; si l'on fait les mesures en pointant B, le milieu de B' et la partie la plus intense de A, on trouve à

(1) Back, *Loc. cit.*

peu de chose près un triplet normal. Les distances à la composante fine sont en millièmes d'angström :

	Triplet normal.	Observé.
B........................	0	0
A........................	181	183
B'........................	362	384

Il est très probable qu'un champ de 50000 gauss donnerait un triplet tout à fait normal avec des composantes fines.

D'ailleurs la raie rouge du lithium $\lambda = 6708$ pour laquelle Voigt et Hansen ([1]), ainsi que Back ([2]) ont trouvé une décomposition normale, a été dédoublée récemment par Zeeman ([3]) ($\Delta n = 0,55$). On peut donc admettre que dans un champ assez intense, les doublets naturels se comportent comme les triplets et donnent une décomposition normale. Voigt ([4]) et Sommerfeld ([5]) ont développé deux théories qui réussissent à expliquer la production du triplet normal, mais elles devront encore être modifiées de façon à rendre compte de la transformation progressive qui y conduit depuis la décomposition régulière plus complexe.

J'ai montré dans une Note précédente ([6]) que, dans des bandes qui ne présentent pas d'effet Zeeman, des doublets et des triplets sont ramassés par le champ magnétique en une seule raie : ce phénomène dont j'ai trouvé depuis de nouveaux exemples se rapproche assez naturellement de celui qui fait l'objet de cette Note, puisque là aussi un doublet et un triplet se comportent dans le champ magnétique comme s'il était formé d'une raie simple.

ÉLECTRICITÉ. — *Conductibilité électrique de l'éther pur.* Note de M. **Jacques Carvallo**, présentée par M. E. Bouty.

Dans une Note antérieure ([7]), j'ai montré qu'il était possible d'amener de l'éther éthylique à un degré de pureté fortement supérieur à celui auquel on était parvenu avant moi, et assez grand pour que sa conductibilité soit

([1]) Voigt et Hansen, *Ann. der Physik. Zeitsch.*, t. XIII, 1912, p. 217.
([2]) Back, *Loc. cit.*
([3]) Zeeman, *Physik. Zeitsch.*, t. XIV, 1913, p. 405.
([4]) Voigt, *Ann. der Physik*, t. XL, 1913, p. 368.
([5]) Sommerfeld, *Ann. der Physik*, t. XL, 1913, p. 748.
([6]) Fortrat, *Comptes rendus*, t. 156, p. 1459.
([7]) J. Carvallo, *Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 1144.

trop faible pour être observée dans un tube scellé en verre et muni d'électrodes de platine simplement soudées dans les parois du tube. Les électrodes sont, en effet, de cette façon, insuffisamment isolées l'une de l'autre par les parois de verre qui les séparent, et le courant de fuite est du même ordre de grandeur que celui qui traverse le liquide contenu dans le tube scellé. Je suis parvenu à observer exactement la conductibilité de l'éther ainsi purifié grâce à un ingénieux dispositif imaginé récemment par M. Dunoyer (¹).

L'éther très pur est introduit, avec des précautions multiples qu'il serait trop long de décrire ici, dans un tube scellé en verre qui porte deux disques de platine *a* et *b* parallèles servant d'électrodes; *a* est porté par une tige de platine qui traverse simplement les parois du tube, la tige qui porte *b* est fixée par une perle de verre au fond d'un cylindre *c* de platine dont l'autre base est soudée aux parois du tube scellé. Pendant les mesures, l'électrode *a* communique avec l'une des bornes d'une batterie d'accumulateurs, l'électrode *b* est réunie à l'autre pôle par un conducteur muni de protections électrostatiques et portant un électromètre monté de façon à mettre en œuvre la méthode galvanométrique classique dite de *vitesse de déviation*. Enfin l'anneau de platine *c* communique directement au second pôle de la batterie. Ce dispositif conduit à un isolement à peu près parfait de l'électrode *b*.

1° Maintenues à la différence de potentiel constante de 1144 volts, les électrodes laissent passer dans le liquide un courant dont la valeur diminue très lentement avec le temps comme le montrent les chiffres suivants :

Époque (²)......	5^{min}	1^j	2^j	3^j	4^j	6^j	7^j	8^j	9^j	11^j	12^j
Cour^t (10^{-11}amp.)	12,1	7,7	6,35	5,40	4,64	3,9	3,5	3,2	3,2	3,1	3,06
Température....	17°	17°	17°	17°	17°	17°	17°	17°	17°	16°	16°

Le courant demeure très sensiblement constant après le huitième jour.

2° Lorsque ce régime est atteint, on substitue à la tension précédente diverses tensions inférieures : après chaque changement, le courant varie lentement pendant environ 3 heures et se fixe à une valeur qui ne dépend que de la tension appliquée. Ces courants limites sont très exactement proportionnels à la tension.

3° On maintient entre les électrodes une différence de potentiel encore égale à 1144 volts, mais en sens contraire de celui qui correspond aux données précédentes. Le courant tend vers une nouvelle limite égale à

$$2,16.10^{-11} \text{ ampère à } 16°.$$

(¹) Dunoyer, *Ann. de Phys. et de Chim.*, 8e série, t. XXVII, 1912, p. 517.

(²) Comptée à partir de l'établissement du courant.

A tension égale, le courant limite dépend de son sens; la conductibilité limite de cet échantillon d'éther ne suit donc pas la loi d'Ohm, mais les phénomènes sont beaucoup plus simples que ceux qu'a observés M. Schröder [1] sur un échantillon moins pur.

4° J'appellerai *conductance spécifique apparente* la conductance spécifique d'un conducteur qui, satisfaisant à la loi d'Ohm et ayant les mêmes dimensions que la colonne d'éther observée, serait traversée sous tension égale par le même courant que l'éther : on déduit des expériences précédentes les résultats suivants :

Conductance spécifique apparente limite, indépendante de la tension :

$\gamma_1 = 10,5.10^{-16}$ unités pratiques à 16° pour le premier sens;
$\gamma_2 = 7,6.10^{-16}$ unités pratiques à 16° pour le deuxième sens.

Il me paraît utile de rappeler que la conductance spécifique limite de l'échantillon le plus pur qui ait été observé avant ce travail (M. Schröder) variait en sens inverse de la tension et avait pour valeur :

$1,47.10^{-12}$ U. P. pour un champ infiniment faible;
$2,40.10^{-13}$ U. P. pour un champ égal au champ maximum atteint dans mes expériences.

Le résidu de conductibilité présenté par l'échantillon que j'ai étudié doit encore être très vraisemblablement attribué à des quantités très petites d'impuretés.

PHYSIQUE. — *Mesures interférentielles de longueurs d'onde dans le spectre du fer.* Note de M. **Keivin Burns**, présentée par M. Villard.

Les mesures spectroscopiques de grande précision ont exigé la détermination des longueurs d'onde de raies servant de repères; des déterminations faites dans le spectre du fer, au moyen des interférences, ont fourni un système de raies de référence qui, mesurées de façon très concordante dans plusieurs laboratoires, sont généralement employées sous le nom d'étalons internationaux. Je me suis proposé d'étendre la suite de ces étalons.

1° Du côté des grandes longueurs d'onde, la série des étalons interna-

---

(1) Schröder, *Annalen der Physik*, t. XXIX, 1909, p. 125.

tionaux s'arrête à la longueur d'onde 6500. J'ai pu, en utilisant les procédés actuels de sensibilisation des plaques photographiques, étendre les mesures interférentielles dans le spectre du fer jusqu'à la longueur d'onde 8824, c'est-à-dire dans tout l'extrême rouge et le commencement de l'infra-rouge.

2° Dans la région jaune et orangée, où les fortes raies du fer sont peu nombreuses et manquent de netteté, j'ai pu mesurer un grand nombre de raies fines et faibles.

Les mesures ont été faites selon la méthode de MM. Buisson et Fabry (1). Les étalons interférentiels employés avaient des épaisseurs de $2^{mm},5$, 5^{mm} et $7^{mm},5$. L'appareil dispersif, nécessaire pour séparer les interférences produites par les diverses raies, était le spectroscope autocollimateur à deux prismes de flint et lentille de 1^{m} de foyer, de MM. Fabry et Jobin (2). L'arc, produit entre deux tiges de fer de 6^{mm} de diamètre, était alimenté par une distribution de courant continu à 220 volts, avec une intensité de courant d'environ 6,5 ampères.

Toutes les mesures ont été faites photographiquement, par comparaison avec les étalons internationaux du même spectre. L'emploi d'interférences obtenues avec plusieurs valeurs différentes de la différence de marche permet d'éliminer l'influence des changements de phase par réflexion sur l'argent.

Le Tableau suivant donne le résultat des mesures :

5434,529	5638,276	5862,347	6055,990	6246,339	6408,042
5436,597	5641,458	5883,842	6078,485	6252,567	6430,857
5446,922	5655,505	5905,682	6089,570	6254,268	6462,737
5473,912	5693,638	5916,254	6102,185	6256,372	6481,882
5483,118	5701,553	5934,682	6127,919	6265,143	6494,991
5497,520	5709,395	5952,742	6157,736	6280,625	6518,378
5525,558	5717,852	5956,695	6165,372	6297,801	6546,247
5543,184	5731,773	5984,808	6170,495	6322,697	6569,238
5543,953	5741,865	6003,036	6173,347	6335,343	6575,032
5563,608	5753,142	6008,584	6200,323	6336,842	6592,925
5567,399	5775,101	6013,517	6213,439	6344,158	6609,123
5598,293	5791,046	6020,177	6215,154	6355,040	6663,454
5602,962	5793,938	6021,824	6219,289	6358,683	6678,000
5618,646	5809,250	6042,092	6240,659	6380,752	6750,164

(1) *Journal de Physique*, mars 1908.
(2) *Journal de Physique*, mars 1904.

6828,617	7016,082	7207,431	7495,106	7832,243	8327,080
6843,681	7038,257	7223,677	7511,054	7937,182	8387,785
6855,184	7068,421	7239,914	7531,192	7945,889	8468,427
6916,712	7090,416	7293,091	7568,929	7998,986	8661,920
6945,215	7130,958	7389,437	7664,304	8046,087	8688,640
6978,861	7164,481	7411,192	7748,285	8085,219	8824,254
6999,932	7187,348	7445,781	7780,597	8220,422	

CHIMIE PHYSIQUE. — *Déplacement limité de la monoéthylamine par le gaz ammoniac.* Note de M. **Félix Bidet**, présentée par M. Haller.

Ayant montré, dans des Notes antérieures (¹), que la réaction de l'ammoniac sur les chlorhydrates d'amylamine et d'éthylène-diamine constitue un équilibre chimique, je me suis proposé d'étudier l'action de ce même gaz sur le chlorhydrate de monoéthylamine.

La réaction directe et la réaction inverse ont été opérées, en même temps, dans des conditions semblables, et les pressions ont été mesurées, avec la même approximation, sur une seule règle divisée en millimètres.

Réaction directe (AzH^3 gaz sur $C^2H^5AzH^2.HCl$ solide et anhydre). — Le gaz a été mis en présence d'un excès de sel neutre, soit environ 1^{mol} d'ammoniac pour 5^{mol} de chlorhydrate.

Le contact une fois déterminé entre le gaz et le solide, j'ai observé, à la température ordinaire, une absorption immédiate et rapide et une agglomération très nette.

Influence de la température. — Les valeurs suivantes, exprimées en millimètres de mercure, montrent que la pression d'équilibre augmente avec la température.

Température.	Pression.
0°	312
15	481
16,4	500
17,2	506
23,2	577

A cette dernière température, aucune gouttelette ne se condense dans les parties froides de l'appareil : il n'y a donc pas d'éthylamine à l'état libre puisque cette base bout à $+19°$.

(¹) *Comptes rendus*, t. 141, p. 264; t. 155, p. 279; t. 156, p. 315.

Influence de la pression. — L'accroissement de pression obtenu, soit en élevant le réservoir mobile, soit en ajoutant de nouvelles masses d'ammoniac, donne à 0° plusieurs valeurs distinctes qu'on retrouve dans la réaction inverse : 312^{mm}; 328^{mm}; 681^{mm}.

Cette discontinuité dans les variations de pression correspond à l'existence de trois composés intermédiaires dont l'état d'équilibre est une fonction de la concentration en ammoniac.

Inversement, lorsqu'on fait décroître la pression soit en abaissant le réservoir mobile, soit en retirant du gaz ammoniac avec la trompe, on retrouve les nombres inférieurs.

Vitesse de réaction. — Cette grandeur, exprimée par la hauteur de la colonne mercurielle, croît rapidement pendant les premières minutes, d'après les nombres suivants, observés à 0° :

Temps.	Hauteur du mercure.
$0^h.15^m$	429
0.30	444
1.00	454
2.00	456
4.00	458
8.00	458

Les chiffres précédents font voir que l'équilibre est atteint au bout de 4 heures et que, par suite, la vitesse de réaction est supérieure à celle que j'ai mesurée entre l'ammoniac et le chlorhydrate d'isoamylamine.

Dans ce dernier système, en effet, l'équilibre n'est réalisé qu'au bout de 22 heures.

Comme je l'ai remarqué dans mes recherches antérieures, la vitesse de réaction décroît très sensiblement lorsque la pression de l'ammoniac diminue; elle tend même à s'annuler. En général, l'agitation du solide ne permet pas de détruire les résistances passives, et il faut avoir recours à une très légère élévation de température (40°-45°) qu'on maintient seulement quelques instants.

Réaction inverse ($C^2H^5AzH^2$ liquide sur AzH^4Cl solide et anhydre). — J'ai fait réagir 1^{mol} de la base sur 1^{mol} du sel et j'ai constaté que, grâce aux proportions choisies, le liquide baigne totalement le solide. Il en résulte que les surfaces de contact entre les deux corps sont étendues, condition très importante pour assurer l'homogénéité du système.

Influence de la température. — Aucune gouttelette ne s'étant condensée, après avoir chauffé à 23°,2, il n'y a donc pas d'éthylamine à l'état libre.

Température.	Pression.
0°	316
15	568
16,4	582
17,2	588
23,2	682

Ces nombres font voir que les pressions d'équilibre, sensiblement égales à 0°, pour les deux réactions opposées, ne concordent plus entre 15° et 23°,2.

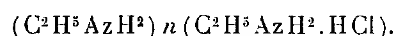
Pour expliquer cette différence, on peut admettre qu'un chlorhydrate basique, formé dans la réaction inverse, est tellement instable qu'il donne naissance aussitôt à un autre sel plus basique et qui, par suite, correspond à une tension plus élevée.

Influence de la pression. — Si l'on fait varier la pression on obtient, à 0°, trois valeurs distinctes : 316^{mm}, 330^{mm} et 679^{mm} qui confirment l'existence des trois combinaisons moléculaires prévues par l'étude de la réaction directe.

Vitesse de réaction. — Elle est plus élevée que pour la réaction directe, car les surfaces de contact sont plus grandes et l'équilibre est toujours obtenu au bout de 1 heure, dans la glace fondante.

Ces résultats montrent que le système ammoniac + chlorhydrate d'éthylamine est tout à fait assimilable, par le mécanisme de la réaction, aux systèmes déjà étudiés et relatifs à l'amylamine normale, à l'isoamylamine et à l'éthylène-diamine.

La théorie que j'ai proposée (1) est donc applicable, et l'on doit admettre l'existence de plusieurs sels basiques dus à la réaction de l'amine déplacée par l'ammoniac, soit sur le chlorhydrate neutre initial, soit sur un autre chlorhydrate basique déjà formé. Ces composés à fonction mixte répondent à la formule générale



$$(C^2H^5AzH^2)\,n\,(C^2H^5AzH^2.HCl).$$

La représentation graphique des résultats précédents consiste, pour une température donnée, en une série de paliers qui correspondent à un sel défini, d'autant plus basique que la concentration en ammoniac est plus élevée.

(1) *Comptes rendus*, t. 156, p. 315.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la séparation du graphite dans les alliages de fer et de silicium.* Note de MM. **Georges Charpy** et **André Cornu**, présentée par M. H. Le Chatelier.

On sait que le carbone combiné au fer tend à se séparer sous forme de graphite quand on soumet le métal à un recuit à température convenable et que cette séparation est grandement facilitée par la présence dans l'alliage d'une certaine quantité de silicium qui semble jouer le rôle de catalyseur. Les observations relatives à ce phénomène ont surtout porté jusqu'ici sur les alliages fortement carburés ou fontes au silicium. Nous avons effectué récemment de nombreuses déterminations sur des alliages faiblement carburés, ou aciers au silicium, et observé certaines particularités qui semblent mériter d'être précisées.

Nous avons d'abord observé que, dans les alliages très peu carburés, le carbone peut être précipité entièrement à l'état de graphite par recuit, pourvu que la teneur en silicium dépasse 3,5 pour 100 et que le recuit soit effectué à une température supérieure à 750° et inférieure à une certaine limite qui est fonction de la teneur en carbone total.

Voici, par exemple, les résultats obtenus sur un acier doux au silicium, du type qui est fréquemment employé aujourd'hui pour la fabrication des tôles destinées à la construction des machines dynamoélectriques et des transformateurs.

La composition de cet acier était la suivante :

C.	Si.	Mn.	Ph.	S.
0,14-0,15	3,80	0,35	0,03	0,018

Le Tableau ci-dessous donne les proportions de graphite obtenues dans cet acier après divers recuit :

Température du recuit.	Durée du recuit.	Mode de refroidissement.	Proportion pour 100 de graphite.
700°	1 heure	lent (5° par minute)	0,00
750	1 »	»	0,08
800	1 »	»	0,13
800	3 heures	»	0,14
800	10 »	»	0,14
800	1 heure	trempe à l'air	0,11
850	1 »	lent	0,01
900	1 »	»	0,00

Nous avons effectué plusieurs séries d'expériences du même genre dont le détail ne peut trouver place ici et obtenu des résultats analogues, l'intervalle de température dans lequel on peut observer la séparation du graphite variant avec les teneurs en carbone et en silicium.

Si, par exemple, la teneur en silicium diminue au-dessous de 3, la proportion de carbone restant très faible, cet intervalle est nul, c'est-à-dire qu'on n'observe jamais dans de tels alliages la formation de graphite, quelles que soient la température et la durée du recuit auquel on les soumet, depuis 700° jusqu'à 1100°.

Si, au contraire, la teneur en silicium restant supérieure à 3,50, la teneur en carbone atteint 0,40, la formation de graphite se produit à partir de 750°, comme dans le premier exemple cité, mais reste encore notable à 850°, pour disparaître vers 900°.

Ces résultats ont été observés par les méthodes de l'analyse chimique, en séparant le graphite par ébullition dans l'acide azotique. L'examen micrographique les corrobore nettement. Le premier alliage cité, par exemple, est entièrement formé après recuit à 800°, de grains de ferrite jointifs sans interposition de perlite. Après recuit à 900°, il présente de larges plages de perlite parfaitement nettes, en proportion beaucoup plus grande que dans les aciers sans silicium contenant la même quantité de carbone. Ce dernier fait semble indiquer que le mélange eutectoïde, dans les aciers au silicium, correspond à une teneur en carbone inférieure à 0,8.

Les faits résumés ci-dessus s'accordent parfaitement avec les observations antérieurement faites sur les fontes au silicium, si l'on tient compte d'une condition qui n'intervient pas dans le cas des fontes, à savoir que le métal peut dissoudre une proportion de carbone qui croît quand la température s'élève et que la séparation de graphite ne peut, par conséquent, s'observer lorsque la température est suffisamment élevée pour que le carbone soit totalement dissous. L'intervalle de température dans lequel on peut observer, pour un alliage donné, la formation du graphite, présente donc, comme limite inférieure, la température T à laquelle s'amorce la transformation de la cémentite en graphite et, comme limite supérieure, la température T', pour laquelle la solubilité du graphite dans l'alliage correspond à la teneur de cet alliage en carbone total. La température T s'abaisse quand la teneur en silicium augmente ([1]), tandis que T' s'élève quand la teneur en silicium croît et aussi quand la teneur en carbone augmente. Si T' est plus petit que T, ce qui arrivera pour les alliages peu

(1) Charpy et Grenet, *Sur l'équilibre des systèmes fer-carbone* (*Comptes rendus*, t. 134, 1902, p. 103).

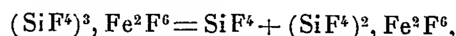
carburés à faible teneur en silicium, on ne peut observer la formation du graphite. Si, au contraire, T′ est supérieur à T, on observe la séparation du graphite dans un intervalle d'autant plus étendu que les teneurs en carbone et en silicium sont plus fortes.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'instabilitité du fluosilicate ferrique et sa transformation spontanée en un autre fluorure double de silicium et de fer.* Note de M. A. **Recoura**, présentée par M. A. Haller.

Dans un Mémoire antérieur (*Comptes rendus*, t. 154, p. 665) j'ai étudié le fluorure ferrique hydraté. J'ai fait voir que ce sel, en dissolution dans l'eau, se comporte comme un complexe, en ce sens que le tiers seulement du fluor se prête aux doubles décompositions et j'ai établi la constitution de ce complexe. Cette étude m'a conduit à entreprendre celle du fluosilicate ferrique, qui, comme je vais le montrer, présente une particularité intéressante, qui paraît être une conséquence de ce que le fluorure ferrique n'est pas un sel normal.

Tout ce qu'on sait du fluosilicate ferrique se réduit à ceci. Berzélius dit l'avoir obtenu en saturant l'acide fluosilicique par l'hydrate ferrique, la dissolution ainsi obtenue donnant par évaporation et dessiccation une masse gommeuse demi-transparente [1].

Or il résulte des expériences que je vais exposer que le fluosilicate ferrique n'existe pas, c'est-à-dire que, quand on provoque sa formation en dissolution, soit par le procédé de Berzélius, soit par double décomposition, il se dédouble immédiatement de la façon suivante :



$$(SiF^4)^3, Fe^2F^6 = SiF^4 + (SiF^4)^2, Fe^2F^6,$$

c'est-à-dire qu'il perd le tiers de son fluorure de silicium, en se transformant en un autre fluorure double plus stable, et le fluorure de silicium, décomposé par l'eau, donne, comme à l'ordinaire, de la silice et de l'acide fluosilicique libre.

Ce fait, qui, à ma connaissance, n'a pas été signalé chez d'autres fluosilicates, à savoir que, dans le fluosilicate ferrique, le fluorure ferrique ne peut retenir que les deux tiers du fluorure de silicium nécessaire pour constituer un fluosilicate, paraît bien être en relation avec le fait que je rappelais plus

(1) Berzélius, *Traité de Chimie*.

haut, que, dans le fluorure ferrique, un tiers du fluor est dans une condition particulière.

Cette interprétation est d'ailleurs confirmée par l'étude que je fais en ce moment du fluosilicate chromique. J'ai reconnu que ce sel, au contraire du sel ferrique, existe, mais il a en dissolution une existence éphémère; il se transforme spontanément, mais lentement, en composé vert, c'est-à-dire en complexe, et cette transformation est accompagnée d'une perte de fluorure de silicium, c'est-à-dire de la formation d'un nouveau fluorure double de silicium et de chrome différent du fluosilicate. Ici donc, encore, comme dans le cas du fluorure ferrique, l'entrée d'une fraction du fluor du fluorure métallique dans un complexe a pour conséquence une modification correspondante dans la capacité de combinaison de ce fluorure avec le fluorure de silicium. Mais ici la relation de cause à effet peut être saisie sur le vif.

Voici les faits que j'ai constatés :

J'ai préparé la dissolution de fluosilicate ferrique de deux façons différentes, qui m'ont conduit au même résultat, soit en dissolvant l'hydrate ferrique dans une quantité équivalente d'acide fluosilicique, soit par double décomposition entre le sulfate ferrique et le fluosilicate de baryum. Je décrirai ce dernier mode de préparation qui est assez curieux. Si, à du fluosilicate de baryum insoluble employé en excès, on ajoute une dissolution de sulfate ferrique, on voit au bout de quelques instants d'agitation la couleur brune du sulfate ferrique disparaître complètement, et l'on obtient par filtration une liqueur *incolore* très légèrement rosée. Ainsi, malgré l'insolubilité presque complète du fluosilicate de baryum, sa double décomposition avec le sulfate ferrique est presque instantanée.

Cette dissolution incolore renferme le nouveau fluorure double $(SiF^4)^2, Fe^2F^6$ ou (SiF^4, FeF^3), plus les produits de décomposition par l'eau du fluorure de silicium abandonné par le fluosilicate ferrique primitivement formé, c'est-à-dire de l'acide fluosilicique libre et de la silice. Cette silice est à l'état soluble, et, si la liqueur est étendue, elle reste en solution très longtemps, mais, si la liqueur est suffisamment concentrée (1^{at} de fer dans 3^l), au bout de 2 ou 3 jours la silice se précipite et l'on peut la recueillir et la doser. Toutefois ce dosage, en raison des lavages prolongés qu'exige la silice gélatineuse, n'est pas susceptible d'une grande précision. J'ai néanmoins trouvé à $\frac{1}{10}$ près la quantité de silice correspondant au dédoublement indiqué ci-dessus, c'est-à-dire à la séparation du tiers du fluorure de silicium du fluosilicate de fer formé dans la double décomposition.

Mais il y a un autre moyen de contrôle beaucoup plus précis. Si l'on ajoute à la dissolution un sel de potassium, tout le silicium qu'elle renferme, aussi bien celui de l'acide fluosilicique libre que celui du fluorure double, est précipité à l'état de fluosilicate de potassium, qu'on peut doser et l'on trouve ainsi, par différence, que le silicium disparu de la liqueur à l'état de silice correspond exactement au mode de dédoublement indiqué.

J'ai d'ailleurs cherché à isoler à l'état solide le nouveau fluorure double de fer et de silicium et voici ce que j'ai observé :

Si on laisse la dissolution s'évaporer à l'air libre, c'est-à-dire en présence de l'humidité atmosphérique, on obtient comme résultat final un sirop épais, sensiblement incolore, qui a perdu, pendant l'évaporation, l'acide fluosilicique libre de la liqueur, et dont la composition correspond exactement à la formule $(SiF^4)^2, Fe^2F^6$, Aq. Mais si l'on achève l'évaporation dans un exsiccateur, on constate que, quand la richesse en eau du produit devient voisine de $10H^2O$, il dégage alors lentement du fluorure de silicium, en même temps qu'il perd de l'eau et tend à se transformer en fluorure ferrique hydraté. Mais cette transformation est très lente. Elle est naturellement plus rapide dans le vide. Néanmoins un échantillon, conservé dans le vide, dégageait encore du fluorure de silicium au bout de 3 mois et il contenait encore $\frac{1}{4}$ de molécule de fluorure de silicium, pour 1^{mol} de fluorure ferrique. Comme le fluorure ferrique retient 6^{mol} d'eau, il semble vraisemblable que les quatre autres molécules d'eau sont nécessaires pour effectuer la soudure du fluorure de silicium au fluorure ferrique, et que c'est le départ de ces molécules d'eau dans une atmosphère sèche qui détermine la séparation des deux fluorures.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Éthers-sels dérivés de l'octanol$_2$ par la méthode des auteurs; observations sur le principe de cette méthode.* Note de MM. **J.-B. Senderens** et **J. Aboulenc**, présentée par M. G. Lemoine.

Si l'on en excepte l'acétate [1], les éthers-sels dérivés de l'octanol$_2$ $CH^3-(CH^2)^5-CHOH-CH^3$ ne paraissent pas avoir été décrits, et cela peut tenir à la facilité avec laquelle l'octène tend à se produire durant leur préparation. Nous avons éliminé à peu près totalement ce carbure en opérant comme pour les éthers hydrocycliques [2], c'est-à-dire en additionnant de 2 à 3 pour 100 de SO^4H^2 le mélange d'octanol$_2$ (1^{mol}) et d'acide organique (1^{mol},05), et en maintenant, durant 1 heure, ce mélange à une température qui ne dépassait pas 100°. Nous avons ainsi obtenu, avec des rendements voisins de la théorie, les éthers suivants de l'octanol$_2$:

	Ébullition correspondante $H = 744^{mm}$.	Densités D_4^{14}.
Formiate	184°	0,8642
Acétate	194,5	0,8626
Propionate	211,5	0,8611
Butyrate	227,5	0,8592
Isobutyrate	220	0,8554
Isovalérate	236,5	0,8540

(1) Bouis, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 3e série, t. XLIV, p. 135.

(2) Senderens et Aboulenc, *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 168 et 1254.

Nous avons également préparé le phénylacétate, qui s'altère lorsqu'on le distille à la pression ordinaire, et qui bout à 195° sous une pression de 35^{mm}. $D_4^{14} = 0,9503$.

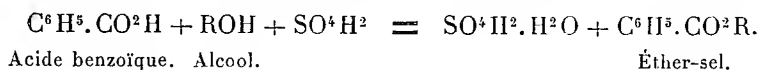
La préparation des éthers-sels de l'octanol$_2$ est donc une simple application de la méthode catalytique que nous avons proposée (1), sur laquelle nous n'aurions pas à revenir si, assez récemment, il n'avait pas semblé que le principe en était attribué à E. Fischer.

Les expériences auxquelles on a voulu faire allusion sont apparemment celles de E. Fischer et A. Speier sur l'éthérification des alcools méthylique et éthylique par un certain nombre d'acides gras et aromatiques, en prenant, comme acide auxiliaire, l'acide chlorhydrique et, dans quelques cas, l'acide sulfurique (2).

Pour nous borner à ce dernier acide, qui est celui que nous employons, ces deux savants ont cru pouvoir conclure de leurs expériences que, dans beaucoup de cas, il y avait avantage, soit au point de vue des rendements, soit pour éviter la destruction du produit final, non pas précisément à diminuer les doses généralement adoptées de SO^4H^2, lesquelles s'élèvent aux 30, 40 et même 60 pour 100 du poids de l'acide organique à éthérifier, mais à diluer ces doses de SO^4H^2 dans un grand excès d'alcool (5^{mol} à 10^{mol} d'alcool pour 1^{mol} d'acide organique).

Tout autre est le procédé catalytique auquel nous a conduits une observation qui ne paraît pas avoir été faite avant nous. Alors que dans le Mémoire de Fischer et de Speier, comme d'ailleurs dans tous les Traités, il n'est pas fait de distinction entre les divers acides organiques en ce qui concerne leur éthérification sous l'influence de SO^4H^2, nous avons reconnu, au contraire, que ces acides se divisaient en deux classes (3) :

Une première classe est constituée par les acides aromatiques qui ont leur carboxyle uni directement au noyau et pour lesquels la proportion d'éther et la rapidité de sa formation augmentent avec la dose de SO^4H^2 qui agirait, selon Berthelot, comme simple déshydratant, d'après l'équation



$$\underset{\text{Acide benzoïque.}}{C^6H^5.CO^2H} + \underset{\text{Alcool.}}{ROH} + SO^4H^2 = SO^4H^2.H^2O + \underset{\text{Éther-sel.}}{C^6H^5.CO^2R}.$$

Notre méthode catalytique ne s'applique pas à ces acides dont l'éthéri-

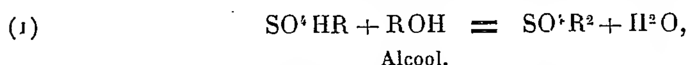
(1) SENDERENS et ABOULENC, *loc. cit.*, et *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1671 et 1855; t. 153, p. 881.

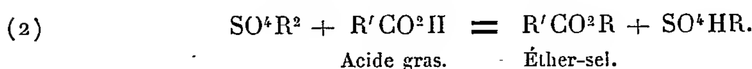
(2) E. FISCHER et A. SPEIER, *D. ch. G.*, t. XXVIII, 1895, p. 3252.

(3) SENDERENS et ABOULENC, *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1855.

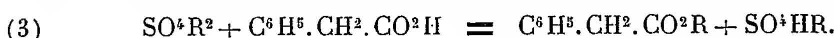
fication se fera, comme par le passé, en employant les fortes doses de SO^4H^2, dont il a été parlé plus haut et pour lesquelles Fischer et Speier conseillent la dilution dans un grand excès d'alcool.

Une seconde classe comprend les acides gras et les acides aromatiques dans lesquels le carboxyle est séparé du noyau par des chaînons forméniques, tels que l'acide phénylacétique, $C^6H^5.CH^2.CO^2H$. Nous avons reconnu qu'avec de très petites doses de SO^4H^2 (2 et même 1 pour 100 par rapport au poids de l'acide organique), cette classe d'acides s'éthérifiait tout aussi bien qu'avec de grandes doses, ce qui nous a amenés à conclure que, dans ce cas, l'acide sulfurique intervenait, non pas simplement en absorbant l'eau, comme pour la première classe d'acides, mais en jouant le rôle de catalyseur. Il se formerait tout d'abord, comme nous l'avons montré (1), un composé SO^4HR qui servirait de pivot aux réactions suivantes :


(1) $SO^4HR + \underset{\text{Alcool.}}{ROH} = SO^4R^2 + H^2O,$


(2) $SO^4R^2 + \underset{\text{Acide gras.}}{R'CO^2H} = \underset{\text{Éther-sel.}}{R'CO^2R} + SO^4HR.$

De même pour l'acide phénylacétique $C^6H^5.CH^2.CO^2H$, on aurait :


(3) $SO^4R^2 + C^6H^5.CH^2.CO^2H = C^6H^5.CH^2.CO^2R + SO^4HR.$

Avec l'acide alcoylsulfurique, SO^4HR, régénéré, le cycle des combinaisons temporaires recommence.

Ainsi, tandis que pour l'éthérification des acides organiques de la première classe, l'acide sulfurique ne semble guère intervenir que pour former des combinaisons hydratées stables, sans qu'il y ait catalyse, pour les acides de la seconde classe, au contraire, ce même acide sulfurique jouerait uniquement le rôle de catalyseur. C'est précisément parce que nous lui avons reconnu ce rôle que nous sommes arrivés à instituer, pour cette seconde classe d'acides, notre méthode de préparation catalytique des éthers, dans laquelle, au lieu d'employer, comme cela se pratiquait, 30, 40 et même 60 pour 100 de SO^4H^2 par rapport au poids de l'acide organique mis en réaction, nous avons réduit ces doses d'acide sulfurique à 2 et même à 1 pour 100. Avec d'aussi faibles quantités de SO^4H^2, l'alcool et l'acide organique peuvent être pris en proportions à peu près équimoléculaires, sans qu'on ait à craindre la destruction du produit final, ce qui

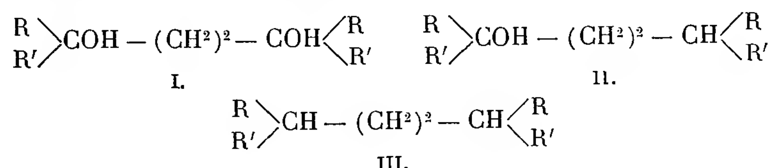
(1) *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1672.

achève de montrer la différence qui existe entre le mode opératoire de Fischer et Speier et notre procédé.

Ce rôle de SO^4H^2, comme catalyseur d'éthérification pour les acides de la seconde classe, s'est trouvé récemment confirmé par les intéressantes recherches de M. Bodroux qui a obtenu des rendements en acétate d'éthyle, allant jusqu'aux 88 et 92 pour 100 de la théorie, en éthérifiant le mélange d'éthanol (70^{cm^3}) et d'acide acétique (50^{cm^3}) avec 2^{cm^3} et 5^{cm^3} des acides sulfurique, chlorhydrique et azotique, dilués dans 50^{cm^3} d'eau (¹). Il est évident que des acides aussi dilués ne sauraient intervenir en absorbant l'eau pour former des hydrates, et que, dès lors, c'est à une action catalytique qu'il faut attribuer leur influence dans l'éthérification.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation catalytique des γ-glycols acétyléniques en présence de noir de palladium.* Note de M. **Georges Dupont**, présentée par M. A. Haller.

J'ai, dans ma Thèse de Doctorat (Paris, 1912), indiqué la possibilité de fixer, par agitation en présence de noir de platine, l'hydrogène sur les γ-glycols acétyléniques et d'obtenir, par ce moyen, les glycols saturés correspondants. Mais, dans cette hydrogénation, j'ai pu vérifier la remarque déjà faite par M. Lespieau (²) sur des glycols acétyléniques analogues, à savoir que l'hydrogénation, en présence de noir de platine, ne s'arrête pas à la simple saturation de la triple liaison, mais attaque partiellement les fonctions alcooliques. C'est ainsi que, dans la plupart des cas, j'ai obtenu, à côté du glycol saturé (I), l'alcool (II).



Jamais toutefois l'hydrogénation n'a dépassé notablement ce terme et jamais je n'ai pu isoler de carbure (III).

L'étude des glycols saturés présentant un intérêt assez grand, j'ai tenté d'améliorer les rendements en glycol en remplaçant le noir de platine par

(¹) Bodroux, *Comptes rendus*, t. 156, avril 1913, p. 1079.

(²) Lespieau, *Comptes rendus*, t. 150, p. 1761.

le noir de palladium qui, d'après Fokin (1), serait un catalyseur d'hydrogénation moins actif que le platine. Le résultat a été tout le contraire de celui que j'attendais : dans la plupart des cas il n'existe, dans le produit d'hydrogénation obtenu, que des traces de glycol saturé, mais au contraire un peu de l'alcool (II) et beaucoup du carbure (III); dans certains cas on obtient même uniquement ce dernier.

Résultats expérimentaux. — J'ai toujours opéré en solution dans l'éther; les résultats se classent nettement en deux groupes :

I. *Glycols gras.* — L'hydrogénation est ici limitée et donne un mélange des trois produits possibles :

1° Le *diméthylbutinediol* sym. donne une forte proportion d'hexane, puis une fraction moindre d'hexanol et, enfin, une petite quantité d'un liquide bouillant vers 215°, point d'ébullition du glycol saturé.

2° Le *tétraméthylbutinediol* sym. (pinacone acétylénique) m'a donné des fractions, à peu près égales, de *diméthyl-2.5-hexane* (ébull. 109°-110°; $n_D = 1,3936$ (2) et de *diméthyl-2.5-hexanol-2* (ébull. 152°-154°; $n_D = 1,4206$) (2).

3° Le *diméthyldiéthylbutinediol* sym. donne, presque uniquement, du *diméthyl-3.6-octane* (ébull. 159°-160°; $n_D = 1,4145$; $D_{15} = 0,7402$) (2). Une petite fraction distille toutefois vers 190°, point d'ébullition de l'alcool saturé.

4° Le *tétraéthylbutinediol* ainsi que le *diisobutylbutinediol* sym. donnent des mélanges qui, d'après la quantité d'hydrogène fixée et l'allure de la distillation, contiennent indubitablement les trois termes d'hydrogénation; la faible quantité des produits traités ne m'a pas permis d'isoler ces corps dans un état de pureté suffisante.

5° Enfin le *tétrapropylbutinediol* sym. donne, presque uniquement, du *tétrapropylbutanediol* fondant à 43° (3). Ce fait est à rapprocher de la difficulté de déshydratation de ce glycol.

II. *Glycols aromatiques.* — Fait surprenant ici, tandis que le platine donnait uniquement les glycols saturés, le palladium donne, *uniquement*, *le carbure saturé :*

1° Le *diphénylbutinediol* sym. donne, quantitativement, le *diphénylbutane* fondant à 52° (4).

---

(1) Fokin, *Zeits. für ang. Ch.*, t. XXXII, p. 1451-1459.

(2) Ces divers produits ont été identifiés, par leurs constantes, avec les corps décrits dans ma Thèse, p. 29, 31, 32.

(3) *Thèse de Doctorat*, p. 44.

(4) Freund et Immerwahr, *Ber. d. D. Ch. Ges.*, t. XXIII, p. 2858.

2° Le *diméthyldiphénylbutinediol* donne, quantitativement encore, le *diphényl-2.5-hexane*, liquide incolore, bouillant à 185° sous 12^{mm}; $D_{15} = 0,9634$; $n_D = 1,5440$; $R_M = 78,0$ (calc. 78,38).

Conclusions. — Le mécanisme de l'hydrogénation est différent, je le crois, dans ces deux groupes de glycols.

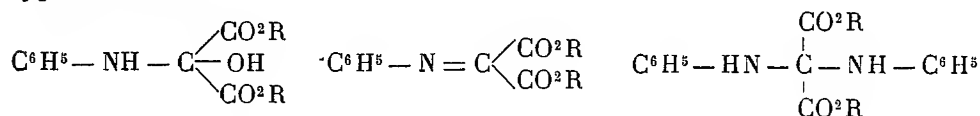
Dans le premier groupe (glycols gras), l'hydrogénation des fonctions alcooliques ne peut se produire que sur le glycol acétylénique, aisément déshydratable; le glycol ou, du moins, l'alcool saturés ne sont pas réductibles, eux, dans ces conditions : j'ai pu vérifier, dans quelques cas, ce dernier fait; on conçoit donc aisément pourquoi, pour ce groupe de glycols, l'hydrogénation est limitée.

Il est à remarquer que, malgré les apparences, les résultats sont d'accord avec une aptitude hydrogénante moindre chez le palladium que chez le platine; ce n'est que parce que le palladium hydrogène difficilement la triple liaison que la déshydratation des fonctions alcooliques, suivie d'une hydrogénation, est possible.

Dans le second groupe, au contraire, *les glycols saturés, eux-mêmes, sont réduits* en présence de palladium; j'ai pu, en effet, hydrogéner totalement du diphénylbutanediol dans ces conditions et obtenir, quantitativement, le carbure. Dans ces cas, l'hydrogénation doit donc être totale, ce qui s'est vérifié.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensation des amines aromatiques primaires et secondaires avec les éthers mésoxaliques. Synthèse dans la série de l'indol.* Note de MM. A. GUYOT et J. MARTINET, présentée par M. A. Haller.

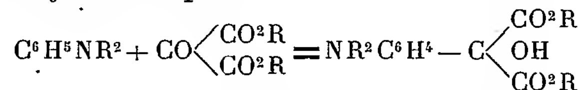
L'action des amines aromatiques primaires sur les éthers mésoxaliques a déjà fait l'objet de quelques recherches de la part de MM. Schmitt [1], Curtiss, Hill et Lewis [2]. Dans tous les cas étudiés, ces auteurs ont observé la fixation de 1^{mol} ou de 2^{mol} d'amine et la formation de dérivés anilidés des types suivants :



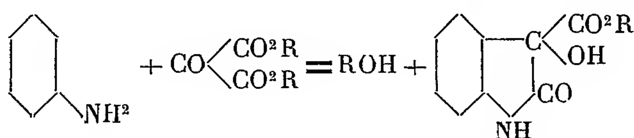
(1) SCHMITT, *Comptes rendus*, t. 141, 3 juillet 1905, p. 48.

(2) CURTISS, HILL, LEWIS, *Journ. Americ. Chem. Soc.*, t. XXXIII, p. 400.

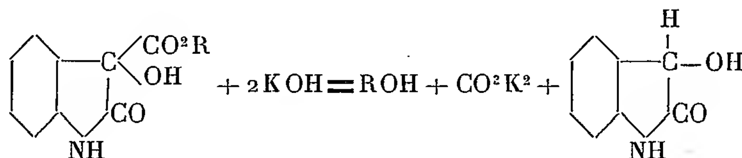
A la suite de nos recherches sur la condensation des éthers mésoxaliques avec les amines aromatiques tertiaires [1], il nous a paru intéressant de reprendre cette étude en nous plaçant dans des conditions analogues à celles qui nous avaient permis de préparer avec les amines tertiaires des éthers amidophényltartroniques



Les produits obtenus dans ces conditions sont totalement différents de ceux isolés par MM. Schmitt, Curtiss, Hill et Lewis : à côté d'une petite quantité d'un éther phényltartronique, formé en vertu de l'équation précédente, le produit principal de la réaction est constitué par un éther dioxindol-3-carbonique qui a pris naissance conformément à l'équation :



La potasse aqueuse saponifie rapidement ces éthers. Il y a en même temps élimination de 1^{mol} d'acide carbonique et formation du dioxindol correspondant :



Toutefois, la saponification doit se faire à l'abri de l'air : en vase ouvert, la solution alcaline absorbe rapidement l'oxygène atmosphérique et le dioxindol formé dans une première phase se transforme quantitativement en isatine.

Les amines secondaires que nous avons également étudiées à ce point de vue se comportent de même.

Pour préciser les conditions dans lesquelles nous avons opéré, nous décrirons ici la condensation de la monoéthylaniline avec le mésoxalate d'éthyle.

On chauffe, à 60°, 40^g de mésoxalate d'éthyle avec 24^g d'amine en solution dans 40^g

---

(1) A. Guyot et E. Michel, *Comptes rendus*, t. 148, 25 janvier 1909.

d'acide acétique glacial; après 1 heure et demie environ, la condensation étant terminée, on entraîne à la vapeur d'eau l'acide acétique et le peu d'amine qui n'a pas réagi.

Il reste une huile constituée par un mélange de N-éthyldioxindol-3-carbonate d'éthyle et de monoéthylparamidophényltartronate d'éthyle.

Le contenu du ballon est traité par 20^{cm^3} de HCl à 50 pour 100 qui dissout l'éther phényltartronique; le dérivé indolique reste insoluble et se purifie facilement par cristallisation dans l'éther. La solution chlorhydrique, neutralisée par le carbonate de sodium, laisse déposer l'éther tartronique sous forme d'une huile qui cristallise lentement.

Nous avons ainsi préparé :

Avec la paratoluidine : le *méthyl-5-dioxindol-3-carbonate de méthyle* (F. 251°), le *méthyl-5-dioxindol-3-carbonate d'éthyle* (F. 212°), le *méthyl-5-dioxindol* (F. 210°) et l'isatine correspondante déjà connue.

Avec la β-naphtylamine : le *β-naphtodioxindol-3-carbonate de méthyle* (F. au-dessus de 300°), le *β-naphtodioxindol-3-carbonate d'éthyle* (F. 210°), le dioxindol et l'isatine correspondants déjà connus.

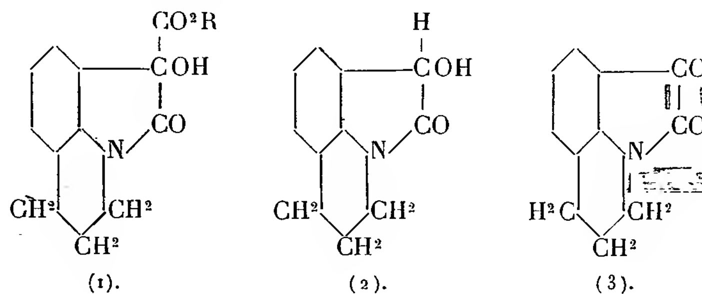
Avec la monométhylaniline : le *méthyl-1-dioxindol-3-carbonate de méthyle* (F. 217°), le *monométhylparamidophényltartronate de méthyle* (F. 85°), le *méthyl-1-dioxindol-3-carbonate d'éthyle* (F. 130°), le dioxindol et l'isatine correspondants déjà connus.

Avec la monoéthylaniline : l'*éthyl-1-dioxindol-3-carbonate d'éthyle* (F. 141)°, le *monoéthylparamidophényltartronate d'éthyle* (F. 65°), le dioxindol et l'isatine correspondants déjà connus.

Avec la monoéthyl-β-naphthylamine : le N-*éthyl-β-naphtodioxindol-3-carbonate d'éthyle* (F. 181°), le N-*éthylnaphtodioxindol* (F. 172°), la N-*éthyl-β-naphtisatine*, fines aiguilles d'un rouge grenat, fondant à 173°.

La tétrahydroquinoléine, en sa qualité d'amine secondaire, se comporte de même et nous a permis de préparer :

Le *triméthylène-1.7-dioxindol-3-carbonate de méthyle* (F. 188°) [form. (1)]



(1). (2). (3).

le *triméthylène*-1.7-*dioxindol*-3-*carbonate d'éthyle* (F. 174°); le *triméthylène*-1.7-*dioxindol* (F. 160°) [form. (2)] et la *triméthylène*-1.7-*isatine*, prismes d'un rouge vif, fondant à 195° [form. (3)].

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'α-monochlorhydrine et de l'épichlorhydrine, sur la glycérine monosodée.* Note de M. **Jean Nivière**, présentée par M. A. Haller.

Dans le but de préparer l'alcool diglycérique



j'ai fait réagir l'α-monochlorhydrine sur la glycérine monosodée.

J'indiquerai auparavant une nouvelle méthode de préparation de l'α-monochlorhydrine. Elle consiste essentiellement à saturer, par l'acide chlorhydrique gazeux, la glycérine (glycérine industrielle dite *de saponification*, par exemple), maintenue à 120°-130° dans un ballon muni d'un réfrigérant ascendant.

Les rendements sont satisfaisants, pour 1^{kg} de glycérine on obtient 800^{g} d'α-monochlorhydrine brute et 660^{g} passant entièrement entre 121°,5-122°,5 sous 15^{mm}. Je rappelle que le procédé de M. Fauconnier [1] ne donnait que 16,6 pour 100.

La glycérine monosodée réagissant sur l'α-monochlorhydrine donne comme réaction principale du glycide.

Le glycérylate monosodique agit comme un alcalin, enlève HCl à la monochlorhydrine; il y a en même temps formation de chlorure de sodium et régénération de glycérine.

On obtient accessoirement un peu d'alcool diglycérique, 2 à 3 pour 100.

Devant ce résultat j'ai pensé que la glycérine monosodée réagissant sur l'épichlorhydrine conduirait au monoanhydride interne, de l'alcool diglycérique, qui par hydrolyse donnerait l'alcool cherché.

Avant de décrire cette réaction, j'exposerai une nouvelle préparation de l'épichlorhydrine, basée comme la préparation classique, sur l'action des alcalis sur la dichlorhydrine-1.3.

On place dans un ballon muni d'un tube à distiller dans le vide, de Vigreux, par

(1) *Thèse*, Paris, 1910.

exemple 1,5 à 2 fois la quantité théorique de potasse dissoute dans le plus petit volume d'eau possible.

Le tube de Vigreux porte une ampoule à brome qui contient la dichlorhydrine. Il est relié à un réfrigérant descendant. Le ballon plonge dans un bain-marie. On fait dans l'ensemble des appareils un vide d'environ 120^{mm}, de façon que sous cette pression et à cette température la dichlorhydrine ne puisse pas distiller, tandis que l'épichlorhydrine passera entraînant l'eau. Le bain-marie étant chaud, on fait tomber goutte à goutte la dichlorhydrine sur la potasse.

L'épichlorhydrine au fur et à mesure de sa formation distille. Elle est surnagée par un peu d'eau qu'on sépare à l'entonnoir à robinet, on sèche sur K^2CO^3. Les rendements sont très satisfaisants : 95 pour 100 de la théorie ($E = 116°-118°$).

On peut substituer la chaux à la potasse.

L'épichlorhydrine réagissant sur la glycérine monosodée fournit un polymère de l'anhydride interne de l'alcool diglycérique.

C'est un corps blanc, amorphe, légèrement élastique; insoluble dans l'eau, l'alcool, l'éther, la pyridine, le nitrobenzène. Par ébullition avec l'anhydride acétique (en présence d'acétate de sodium fondu) il donne un dérivé diacétylé, légèrement soluble dans la pyridine bouillante.

Il rappelle comme aspect physique le corps générateur.

Ces deux substances, sous l'action de la chaleur, se décomposent sans fondre.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques propriétés nouvelles du tétraiodure de carbone et son dosage en présence d'iodoforme.* Note de M. **Marcel Lantenois**, présentée par M. Ch. Moureu.

Nous avons fait, dans une Note précédente ([1]), l'examen critique des procédés de préparation du tétraiodure de carbone et indiqué un moyen de purification permettant d'obtenir ce composé très pur. Nous nous proposons aujourd'hui d'en donner quelques propriétés nouvelles.

L'hydrogène réagit déjà vers 100°; il donne bien naissance, ainsi que l'avait montré Moissan, à de l'iodoforme et de l'acide iodhydrique, mais nous avons reconnu que ce dernier provoquait ensuite une hydrogénation progressive avec formation d'iodure de méthylène et d'iodure de méthyle.

Un autre exemple d'hydrogénation est fourni par la potasse alcoolique, dont l'action est déjà rapide vers 30°-40°; elle s'accompagne ici de la for-

([1]) M. Lantenois, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1385.

mation d'une petite quantité de méthane, qu'il nous a été possible de caractériser d'une façon absolue en employant la méthode de séparation des gaz de MM. Lebeau et Damiens [1].

Nous avons également étudié l'hydrogénation par le sodammonium.

On sait que les iodures alcooliques sont très facilement transformés par ce réactif en carbures correspondants [2]. Nous avons reconnu, tout d'abord, que l'ammoniac liquéfié était sans action sur l'iodure de carbone, et donnait simplement une combinaison à molécules égales facilement dissociable. Lorsqu'on fait réagir une solution de tétraiodure de carbone dans l'ammoniac liquide sur du sodammonium en excès, on recueille du méthane : le volume de ce gaz est environ le tiers de celui qui correspondrait à une transformation intégrale. Nous n'avons pu retrouver ni éthylène, ni acétylène, composés signalés par M. Chablay [3] dans des réactions parallèles effectuées sur l'iodoforme, le chloroforme et le tétrachlorure de carbone.

Un sixième environ du carbone se retrouve à l'état de cyanure de sodium. Nous avons pu isoler, en outre, de la méthylamine et une très petite quantité d'une base dont les caractères rappelaient ceux de la guanidine.

L'action de l'oxygène est particulièrement intéressante, parce qu'elle renseigne exactement sur les conditions de stabilité du tétraiodure de carbone. Ce dernier est décomposé intégralement, même à l'obscurité, par l'oxygène pur, en donnant de l'iode et de l'oxyiodure de carbone; l'oxyiodure est instable et les gaz fournis dans la réaction renferment surtout de l'oxyde de carbone, avec une petite proportion d'anhydride carbonique. Cette action est facilitée par la lumière.

Dans l'air atmosphérique, la transformation est moins rapide; cependant, même à l'obscurité, l'iodure de carbone se décompose lentement, en donnant de l'iode et de l'oxyde de carbone, de sorte que si on l'abandonne à l'air, il disparaît lentement sans changement d'aspect. A 100°, cette action de l'oxygène est très rapide. Enfin, les solutions de tétraiodure s'altèrent exactement dans les mêmes conditions au contact de l'air. Nous avons vérifié au contraire que l'anhydride carbonique est absolument sans action sur le produit sec ou sur ses solutions.

L'iodure de carbone réagit sur un certain nombre de composés chlorés métalloïdiques en donnant l'iodure correspondant et un chloroiodure de carbone.

L'azotate d'argent, en solution aqueuse à 20 pour 100, agit sur l'iodo-

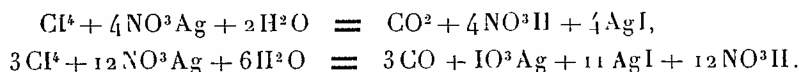
---

(1) P. Lebeau et A. Damiens, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 144.

(2) P. Lebeau, *Comptes rendus*, t. 140, 1905, p. 1042.

(3) Chablay, *Ibid.*, p. 1264.

forme, en donnant naissance quantitativement à de l'oxyde de carbone et de l'iodure d'argent [1]. L'iodure de carbone étant attaqué dans les mêmes conditions, nous avons reconnu qu'il se formait : d'un côté de l'oxyde de carbone et de l'anhydride carbonique, et d'un autre côté de l'iodure et de l'iodate d'argent. Les deux équations suivantes paraissent s'effectuer simultanément :



$$CI^4 + 4NO^3Ag + 2H^2O = CO^2 + 4NO^3H + 4AgI,$$
$$3CI^4 + 12NO^3Ag + 6H^2O = 3CO + IO^3Ag + 11AgI + 12NO^3H.$$

Le dosage du tétraiodure par pesée nécessite donc la réduction de l'iodate formé. On voit, d'un autre côté, que chacune des deux équations conduit à la formation d'une molécule de gaz pour une molécule de tétraiodure; c'est-à-dire que, théoriquement, quelles que soient les proportions relatives de l'oxyde de carbone et de l'anhydride carbonique, le volume de leur mélange doit être en rapport avec le poids d'iodure entré en réaction. Nos expériences ont bien contrôlé l'exactitude de ce fait.

Nous avons appliqué cette réaction au dosage du tétraiodure de carbone en présence d'iodoforme; la proportion d'iode dans ces deux composés est de 97,69 pour 100 pour le tétraiodure, et de 96,70 pour 100 pour l'iodoforme. Le dosage de l'iode ne renseigne donc que d'une façon peu précise; d'autre part, la combustion est pénible lorsqu'on la réalise dans les conditions ordinaires. Or, le volume recueilli dans l'action de l'azotate d'argent est de $42^{cm^3},9$ pour 1^g de tétraiodure et $56^{cm^3},6$ pour 1^g d'iodoforme; ces gaz peuvent être mesurés avec une très grande exactitude : l'opération constitue donc un dosage précis et rigoureux du carbone.

Diverses expériences, réalisées sur des mélanges en proportions connues de tétraiodure et d'iodoforme, nous ont démontré la parfaite sensibilité du procédé qui nous a rendu de grands services dans l'étude de la réaction de Robineau et Rollin.

MICROBIOLOGIE. — *Toxine et antitoxine cholériques.* Note [2] de M. HENRI POTTEVIN, présentée par M. Roux.

La diversité des caractères attribués successivement à la toxine cholérique — toxine endocellulaire, thermostabile et dépourvue de la qualité d'anti-

(1) GRESHOFF, *Recueil Trav. chim. Pays-Bas*, t. VII, 1888, p. 342.

(2) Présentée dans la séance du 13 mai 1913.

gène (Pfeiffer, Wassermann), ou thermolabile et antigène (Macfadyan); toxine soluble, thermostabile (Roux, Metchnikoff et Salimbeni, Brau et Denier) ou thermolabile (Kraus, Huntemuller) — témoigne que les divers savants travaillant dans des conditions et sur des races vibrioniennes différentes, n'ont pas eu entre les mains une seule et même substance active. Toutes leurs observations sont valables, au même titre. Mais si elles doivent servir de base à une classification rationnelle des vibrions, et à des inductions thérapeutiques, elles appellent de nouvelles recherches qui permettent d'en préciser la signification et d'en faire disparaître les contradictions apparentes.

En vue de recueillir des données pouvant être utilisées dans ce but, j'ai examiné un certain nombre de races vibrioniennes, isolées de cas de choléra typiques, au cours des épidémies européennes de ces dernières années. J'en ai retenu, pour une étude plus approfondie, deux qui présentant tous les caractères classiques du vibrion de Koch donnent, dans les cultures en bouillon, des toxines solubles se rattachant à l'un ou à l'autre des deux types visés ci-dessus.

La race A a été isolée au cours de l'épidémie italienne de 1910; je l'ai étudiée comparativement avec une autre déjà connue, la race 70 de la Collection de l'Institut pour les maladies infectieuses de Berlin.

Les deux races se comportent en toutes circonstances de façon sensiblement identique. Ensemencées en bouillon Martin, elles donnent, après 3-4 jours d'étuve à 37°, des cultures qui, filtrées sur bougie de porcelaine, contiennent une toxine fortement hémolytique; thermolabile détruite par un chauffage de 30 minutes à 50° ou de quelques minutes à 100°. Les cobayes de 250^g succombent en moins de 24 heures à l'injection intrapéritonéale de 0$^{cm^3}$,5. Les jeunes lapins (800^g-1000^g) et les pigeons succombent dans les mêmes conditions à l'injection intraveineuse; avec des doses plus élevées (1$^{cm^3}$,5-3$^{cm^3}$), la mort survient en quelques minutes. Le chauffage fait disparaître tout pouvoir hémolytique, mais non pas tout pouvoir toxique. Celui-ci baisse considérablement dès les premières minutes de séjour à 100°, mais il n'est plus ensuite modifié par une action même prolongée de la chaleur. La toxicité du liquide chauffé représente selon les essais le $\frac{1}{4}$ ou le $\frac{1}{8}$ de celle du liquide primitif : elle s'en distingue en outre par divers caractères, notamment par son inactivité pour le pigeon.

La race B a été isolée au cours de l'épidémie de Constantinople, en 1913. Elle donne dans les cultures en bouillon filtrées sur porcelaine une toxine, dépourvue de pouvoir hémolytique, tuant, à la dose de 1$^{cm^3}$, le cobaye

dans les mêmes conditions que la précédente; tuant le lapin en injection intra-veineuse, sans qu'on puisse, en élevant les doses, amener la mort brusque, en quelques minutes; à peu près inactive pour le pigeon. Chauffée quelques minutes à 100° elle perd une partie de son activité, mais celle qui persiste reste inaltérée même après un chauffage prolongé. Cette perte variable d'un essai à l'autre est parfois à peine appréciable, d'autres fois elle atteint jusqu'au tiers de l'activité primitive.

Avec chacune des deux races A et B, j'ai vacciné un âne, par injections sous-cutanées de cultures en bouillon filtrées sur papier, après addition d'un peu de lactate de chaux qui produit un précipité floconneux facilitant beaucoup la filtration. Le sérum d'âne normal est dépourvu de pouvoir antitoxique. Celui-ci apparaît et s'accroît régulièrement au cours de l'immunisation, sans qu'il soit possible de lui faire dépasser un certain taux (2 doses mortelles de toxine, saturées, *in vitro*, par $0^{cm^3},02$ de sérum); les animaux ne tolèrent pas les injections répétées de fortes doses de toxine. Le sérum préparé avec l'une ou l'autre des deux races agit également sur l'une et l'autre des deux toxines, saturant sa portion thermolabile, mais non pas sa portion thermostabile. Cette particularité de leur action antitoxique est surtout nette avec la toxine A, pour laquelle l'écart est grand entre les activités avant et après chauffage. Tant que la quantité de toxine mise en œuvre reste inférieure à celle qui contient une dose mortelle après chauffage, la saturation par le sérum se fait régulièrement en suivant la loi proportionnelle; mais, dès que cette limite de la dose mortelle après chauffage se trouve notablement dépassée, les animaux succombent, quelle que soit la quantité de sérum employée. Je n'ai jamais pu neutraliser une quantité de toxine, chauffée ou non, contenant deux doses mortelles après chauffage.

Il résulte de ces observations que chacun des deux vibrions étudiés sécrète à la fois une toxine thermolabile et un poison thermostabile. Le sérum des animaux vaccinés renferme une antitoxine qui neutralise la toxine thermolabile; mais je n'ai pu mettre en évidence l'existence d'un anticorps neutralisant le poison thermostabile.

BACTÉRIOLOGIE. — *Étude sur le bacille tuberculeux.* Note de M. A. **Besredka**, présentée par M. Roux.

En abordant cette étude, il y a 3 ans, notre but était seulement de trouver un bon milieu liquide pour la culture du bacille tuberculeux. Nous épargnerons au lecteur la description de combinaisons multiples

que nous avons essayées avant d'arriver au milieu définitif qui est une macération de viande additionnée de 20 pour 100 de jaune d'œuf et de 20 pour 100 de blanc d'œuf solubilisés. Nous exposerons la technique exacte dans un article qui paraîtra prochainement dans un autre Recueil. Pour le moment, nous ferons remarquer qu'à ce milieu il n'est ajouté ni peptone, ni sel, ni glycérine et que, après 24 heures d'étuve, on obtient une culture poussant en profondeur, ne le cédant en rien, quant à l'abondance, à celle d'un microbe ordinaire tel que le streptocoque.

Le bacille tuberculeux provenant d'une culture obtenue sur pomme de terre pullule rapidement dans ce milieu. Au bout de 2 ou 3 semaines, elle forme une membrane blanchâtre tapissant complètement le fond de la boîte de Roux. Quelques secousses imprimées à la boîte suffisent pour transformer cette membrane en une poussière d'une extrême finesse. Laissés au repos pendant quelques instants, les bacilles se réunissent à nouveau en amas, de plus en plus gros, puis reprennent leur aspect membraneux.

Le milieu en question présente l'avantage de conférer aux cultures de bacilles bovins un aspect particulier distinct de celui de bacilles d'origine humaine. Ces expériences faites en collaboration avec F. Jupille ne portent, il est vrai, que sur onze origines bovines et dix origines humaines [1]; mais elles ont été toutes concordantes : tandis que les bacilles humains donnent, au bout d'environ 4 à 6 semaines, de petites écailles sèches, se détachant facilement du verre, les bacilles bovins forment des filaments glaireux, collant au verre, de consistance muco-membraneuse.

Si âgées que soient nos cultures de tuberculose, même après plus d'un an de séjour à l'étuve, elles n'exhalent jamais la moindre odeur.

Elles renferment une tuberculine : une culture de trois semaines, chauffée à 115° et débarrassée de corps microbiens, tue le cobaye tuberculeux à la dose de $1^{cm^3},5$ à 2^{cm^3} en moins de 24 heures.

Cette tuberculine présente l'avantage de fixer spécifiquement l'alexine en présence du sérum des sujets tuberculeux. Comme il ressort des expériences faites en collaboration avec J. Manoukhine, les cobayes inoculés avec des bacilles tuberculeux donnent une réaction de fixation positive, dès le quatrième jour de l'infection, alors qu'il n'existe pas la moindre lésion macroscopique.

Chez l'homme aussi, notre tuberculine permet de reconnaître des lésions

---

(1) Nous les devons à l'obligeance de MM. Calmette, Eber, Kossel et Vallée, ainsi qu'à nos collègues de l'Institut Pasteur, Burnet, Charpentier et Fernbach.

latentes ou à peine ébauchées, alors que les signes cliniques sont encore muets ou très indécis. Cette séroréaction est moins sensible que la cutiréaction; d'après les recherches de Calmette et ses collaborateurs, la cutiréaction est positive, chez les personnes réputées saines, dans près de 90 pour 100 des cas. Dans les conditions analogues, notre tuberculine donne une réaction positive dans moins de 10 pour 100 des cas. Grâce à l'obligeance de MM. Levaditi et Latapie, nous avons pu examiner, en collaboration avec J. Manoukhine, 750 personnes s'étant présentées à l'Institut Pasteur pour le sérodiagnostic de la syphilis. Sur ce nombre, notre antigène tuberculeux a fixé l'alexine avec le sérum de 69 personnes. On trouvera ailleurs les détails relatifs à cette réaction chez le cobaye et chez l'homme.

La séroréaction en question est-elle spécifique au point de permettre de voir si l'on a affaire à une tuberculose d'origine bovine ou humaine? En collaboration avec F. Jupille, nous avons inoculé, à une série de lapins, des bacilles bovins et à une autre série des bacilles humains, sous la peau, dans le péritoine et dans les veines; puis nous avons examiné le sérum de ces lapins, à différents moments de l'infection, à la fois avec l'antigène tuberculeux humain et bovin. Il résulte, des expériences croisées faites avec ces deux antigènes, que les sérums des lapins réagissent de même quelle que soit la tuberculine employée.

Ces expériences ont montré, de plus, que les lapins inoculés avec du virus humain donnent une séroréaction dès le vingtième jour et que celle-ci est fortement positive; par contre, les lapins inoculés avec du virus bovin auquel ils sont, comme on le sait, très sensibles, ne montrent qu'une réaction de fixation partielle, et cela pendant une période très courte.

Il en est à peu près de même des lapins auxquels on injecte des bacilles bovins dans la cavité rachidienne, suivant le procédé de Louis Martin. Ces lapins qui sont devenus, dans nos expériences, paralysés au bout de 2 mois environ et qui ont succombé dans les 15 jours qui ont suivi la paralysie, n'ont fixé l'alexine à aucun moment de leur maladie.

Cette absence de réaction est à rapprocher des observations que nous avons faites avec A. Netter sur 12 enfants de son service, atteints de méningite tuberculeuse : leurs sérums, mis en présence de notre antigène tuberculeux, ont toujours donné une séroréaction négative. Nous dirons plus : les sérums des enfants atteints de méningite tuberculeuse, montre une hémolyse même plus tôt que les sérums des sujets sains : il y a là un phénomène qui peut être utilisé pour le diagnostic différentiel et qui est à rapprocher de ce que nous avons vu avec M. Manoukhine chez les cobayes

tuberculeux injectés avec la tuberculine; chez ces derniers, non seulement il n'y a aucune fixation d'alexine, mais l'hémolyse est plus accusée que dans les tubes témoins renfermant du sérum de cobaye normal.

Faisons remarquer que les tuberculeux avancés, enfants ou adultes, donnent une séroréaction partiellement positive ou même franchement négative, tout comme des personnes normales.

MORPHOLOGIE. — *Sur un organe périœsophagien énigmatique des Tinéides et sur son développement.* Note de M[me] A. **Hufnagel**, présentée par M. Henneguy.

J'ai observé chez deux Lépidoptères, *Gracilaria syringella* F. et *Hyponomeuta padella* L. un organe particulier qui me paraît avoir jusqu'ici échappé aux observateurs. Cet organe est situé au voisinage immédiat de l'œsophage, à la hauteur de la limite entre la tête et le premier segment thoracique. Chez l'imago, il se présente, en coupe transversale, comme un anneau entourant la section de l'intestin antérieur. Cet anneau est constitué, sans limites cellulaires bien nettes, par un cytoplasme chromatique où sont plongés des noyaux irréguliers, parfois digités.

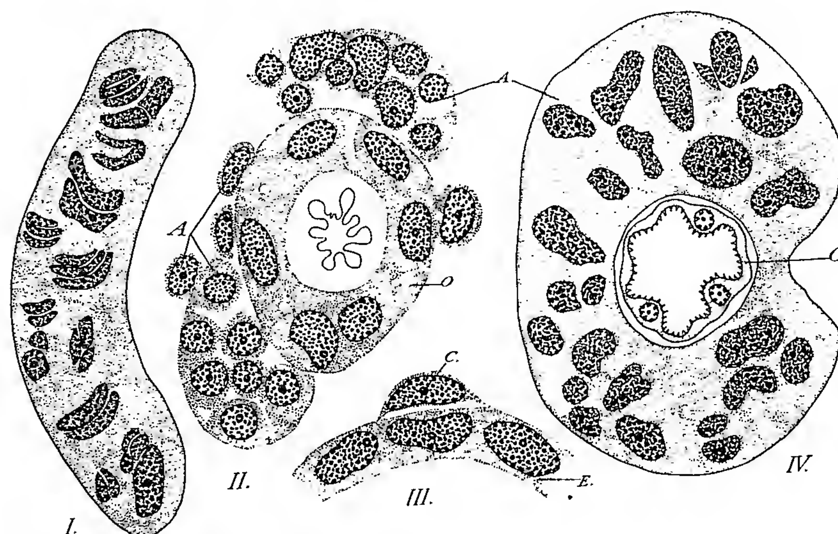
J'ai pu suivre le développement de cet organe chez *Hyponomeuta padella*.

Chez la larve âgée, les cellules épithéliales de l'œsophage présentent du côté basal des expansions irrégulières faisant saillie vers la cavité générale et s'insinuant entre les fibres de la tunique musculaire. Au début de la nymphose les cellules épithéliales passent à un état moins différencié et en particulier rétractent leurs expansions. A ce moment, on voit assez brusquement apparaître dans le cœlome, dans le voisinage de l'œsophage, un assez grand nombre d'éléments nouveaux, qui, par tous leurs caractères, structure et colorabilité de leur cytoplasme, appareil chromatique de leur noyau, nucléole etc., sont identiques aux cellules épithéliales mêmes de l'œsophage.

En l'absence de toute indication précise qui permettrait de leur attribuer une autre origine, je pense qu'on peut interpréter ces cellules comme étant véritablement d'anciennes cellules œsophagiennes, qui ont quitté leur rang épithélial et ont émigré dans le cœlome. Ce processus est d'autant plus admissible que, précisément à ce moment, il y a dans l'intestin antérieur une diminution notable du nombre des cellules du manchon

épithélial contracté. Ces éléments tendent à se réunir, à droite et à gauche de l'œsophage, en deux amas (A, *fig.* 2) situés précisément au niveau indiqué, limite de la tête et du premier segment thoracique.

Autour de la région postérieure de l'œsophage on retrouve sporadiquement des éléments semblables (C, *fig.* 3), deux ou trois par coupe



I × 900. — Amas cellulaire qui donnera l'anneau péri-œsophagien. Nymphe de 7 jours.

II × 750. — Épithélium de la portion antérieure de l'œsophage *O*, avec les deux amas cellulaires *A* et quelques cellules éparses. Nymphe de 36 heures.

III. — Épithélium de la portion postérieure de l'œsophage *E*, avec une cellule de la couche externe *C*. Nymphe de 36 heures.

IV. — Anneau *A* entourant l'œsophage *O*. Imago prêt à éclore.

transversale, rappelant aussi tout à fait, par leur aspect, l'épithélium voisin, et se présentant comme des ménisques, convexes vers l'extérieur et touchant par leur bord la surface basale de l'épithélium.

Deegener a brièvement signalé chez un autre Lépidoptère, *Malacosoma castrensis* L., un processus peut-être analogue; il signale en effet, chez la nymphe, l'existence autour de l'œsophage d'une deuxième couche formée par un nombre moindre de cellules plus aplaties et qu'il interprète aussi comme émigrées à partir de l'épithélium; mais il ne s'est pas préoccupé de leur sort ultérieur.

Les éléments environnant la portion postérieure de l'œsophage ne paraissent pas jouer de rôle particulier. Ceux qu'on rencontre enveloppant l'œsophage juste en arrière du cerveau ont, au contraire, une signification bien précise : ce sont eux qui édifient l'organe qui nous occupe.

Pendant une première période, qui succède à leur apparition, ces éléments commencent à se multiplier par voie caryocinétique. Puis ces divisions indirectes cessent, vers le commencement du troisième jour de la vie nymphale; et, à partir de ce moment, les noyaux qui se sont beaucoup accrus prennent des aspects lobés et ne présentent plus que des divisions directes, par clivage dans des plans différents (*fig.* 1). Par suite de cette prolifération, les deux amas latéraux se développent d'une façon considérable et, progressant l'un vers l'autre, ils se rejoignent en un anneau qui entoure le tube œsophagien, devenu maintenant très étroit (*fig.* 4). Les limites cellulaires se sont presque entièrement évanouies et les noyaux présentent des contours très irréguliers. L'organe arrive ainsi à sa constitution imaginale.

Par son aspect histologique et par sa situation au niveau du cou, cet organe énigmatique rappelle jusqu'à un certain point la formation connue chez les Diptères sous le nom d'*anneau de soutien du cœur*. Mais il ne faut pas perdre de vue que, chez les Lépidoptères que j'ai étudiés, cet organe forme un anneau autour de l'œsophage et non autour du cœur : c'est un organe dont la fonction reste encore à découvrir.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *De l'emploi de proportions croissantes de glucose dans la synthèse biochimique du méthylglucoside* β. *Influence du glucoside formé sur l'arrêt de la réaction*. Note de MM. **Em. Bourquelot** et **Em. Verdon**, présentée par M. Jungfleisch.

Les facteurs qu'on peut faire varier dans la synthèse biochimique du méthylglucoside β sont : la proportion d'émulsine, la température de la réaction, le titre de l'alcool méthylique et la proportion de glucose. On a vu que l'état d'équilibre auquel aboutit la réaction est indépendant des deux premiers facteurs ([1]), tandis que la quantité de glucose qui se combine à l'alcool croît avec le titre alcoolique jusqu'à atteindre, dans de l'alcool méthylique à 95^{c}, en poids, de 95 à 96 pour 100 du glucose mis en œuvre ([2]).

Restait à rechercher si l'emploi de proportions variées de glucose influerait sur l'état d'équilibre final.

([1]) *Comptes rendus*, t. 156, p. 643 et 957.
([2]) *Comptes rendus*, t. 156, p. 957.

Ces recherches ont été effectuées avec de l'alcool méthylique à 70 pour 100 en poids.

On a fait des solutions méthyliques glucosées renfermant, pour 100^{cm^3} de solution, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 et 30^g de glucose. Pour cela, on a dissous chaque poids de sucre, à l'ébullition, dans 60^{cm^3} à 75^{cm^3} d'alcool à 70^c, et, après refroidissement, on a complété le volume de 100^{cm^3} avec de l'alcool méthylique de même titre.

Après avoir relevé la rotation ($l = 2$) de chacune des solutions, on les a additionnées de $0^g,60$ d'émulsine et on les a abandonnées à la température du laboratoire ($+16°$ à $+20°$).

Les observations polarimétriques ont été faites d'abord tous les 4 jours, puis tous les 8 jours; à l'arrêt de la réaction, on a dosé le glucose restant et calculé par différence la quantité de glucose passé à l'état de glucoside.

Le 71e jour, la réaction étant devenue très lente, on a ajouté, ce qui ne pouvait influer sur l'état d'équilibre final, $0^g,50$ d'émulsine dans chaque flacon. Pour les quatre mélanges les moins riches en glucose, dans lesquels l'équilibre était atteint, cette addition n'a rien changé, tandis que pour les autres la réaction s'est poursuivie plus rapidement.

Dans le Tableau suivant, nous donnons, en regard des rotations initiale et finale de chaque mélange, la rotation observée le 29e jour, afin de montrer quel était à cette date l'état de la réaction. Nous donnons également, à côté des quantités de glucose combiné au moment de l'arrêt, le rapport de ces quantités au poids de glucose existant primitivement dans la liqueur.

Glucose pour 100.	Rotation			Glucose	
	initiale.	le 29e jour.	à l'arrêt.	combiné.	combiné pour 100.
g	° ′	° ′	° ′	g	
1	+ 1 8	−0 26	−0 26	0,826	82,60
2	+ 2 18	−0 44	−0 50	1,652	82,60
4	+ 4 40	−1 34	−1 40	3,304	82,62
6	+ 7 4	−2 10	−2 30	4,970	82,83
8	+ 9 28	−2 40	−3 20	6,620	82,75
10	+11 54	−2 56	−4 8	8,270	82,70
12	+14 10	−3 4	−4 50	9,870	82,25
14	+16 42	−3 4	−5 34	11,420	81,57
16	+19	−2 42	−6 14	12,990	81,18
18	+21 30	−2 28	−7	14,602	81,12
20	+23 5	−2	−7 40 (84 jours)	16,186	80,90
30	+36 14	+8 6			

Ces chiffres montrent nettement que, dans un alcool méthylique à 70°, la quantité de glucoside formé croît proportionnellement à la quantité de glucose ajouté jusqu'à 12 pour 100; pour des proportions plus élevées de glucose, le rapport va ensuite en diminuant.

Ces faits sont du même ordre que ceux qu'on a observés, depuis longtemps, relativement à l'hydrolyse fermentaire des glucosides dans l'eau, et cela nous a incités à rechercher si, comme on l'a établi pour les phénomènes hydrolytiques provoqués par les ferments, l'arrêt de la réaction synthétisante est dû aux produits formés.

Nous n'avons fait sur ce sujet que deux expériences, mais elles sont suffisamment démonstratives.

Après avoir préparé les deux solutions suivantes :

A.	Glucose	1g
	Méthylglucoside β	1g
	Alcool méthylique à 70° en poids, q. s. pour	100cm³
B.	Glucose	1g
	Méthylglucoside β	3g
	Alcool méthylique à 70° en poids, q. s. pour	100cm³

et avoir relevé leur rotation ($l=2$), on les a additionnées chacune de 0g,40 d'émulsine, et on les a abandonnées à la température du laboratoire jusqu'à l'arrêt de la réaction. Voici les résultats obtenus :

	Rotation		Glucose	
	initiale.	finale.	restant.	combiné.
A.	+ 30′	− 0°48′	0g,291	0,709
B.	− 48′	− 1°36′	0g,608	0,392

Dans les mêmes conditions, sans addition de méthylglucoside, on aboutit à la combinaison de 0g,826 de glucose. Il n'est donc pas douteux que l'arrêt de la réaction synthétisante est dû à l'accumulation, dans le liquide, d'une certaine quantité de glucoside formé. Cette quantité n'est pas fixe pour un volume de liquide donné, mais, comme l'indiquent les résultats de la première partie de cette Note, proportionnelle au glucose mis en œuvre.

M. Eugène Fabry adresse une Note relative à la démonstration du *théorème de Fermat*.

(Renvoi à l'examen de M. Jordan.)

M. **Pozzi-Escot** adresse des *Considérations sur la formation de la cocaïne chez l'*Erytroxylon coca peruvianum.

M. P. **Filippi** adresse un Mémoire sur *L'utilisation de la dépression atmosphérique.*

MM. **Levavasseur** et **Gastambide** adressent une Note intitulée : *Sur un aéroparachute.*

M. H. **Magnan** adresse une Note intitulée : *Données pour la construction d'un monoplan idéal, tirées des caractéristiques des Oiseaux.*

(Ces trois Notes sont renvoyées à l'examen de la Commission d'Aéronautique.)

A 4 heures et demie, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures.

G. D.

ERRATA.

—

(Séance du 5 mai 1913.)

Note de M. *Em. Vigouroux*, Sur les transformations des alliages de fer et de silicium :

Page 1376, ligne 24, *au lieu de* affecte la forme d'une double inflexion. On conçoit..., *lire* affecte la forme d'une courbe à double inflexion si, pour son tracé, on utilise systématiquement les courbes de refroidissement qui marquent les températures les plus élevées de cette fin de transformation. On conçoit....

(Séance du 13 mai 1913.)

Note de M. *de Forcrand*, Sur la relation de Trouton :

Page 1441, dans la figure, la droite AB doit passer par l'ordonnée 22.

Note de MM. *de Broglie* et *Lindemann*, Sur les phénomènes optiques présentés par les rayons de Röntgen, etc. :

Page 1463, ligne 23, *au lieu de* franges de dépression, *lire* franges de dispersion.

(Séance du 19 mai 1913.)

Note de M. *de Forcrand*, Sur l'état dissimulé dans les hydrates :

Page 1507, ligne 6, *au lieu de*

$$SO^4 = Fe = (OH)^2 \quad \text{et} \quad SO^4 = Cu = (OH)^2 + 4H^2O$$

lire

$$SO^3 = Fe = (OH)^2 \quad \text{et} \quad SO^3 = Cu = (OH)^2 + 4H^2O$$

Note de M. *M. Moulin*, Sur la loi de déformation du spiral plat des chronomètres :

Page 1520, ligne 7, *au lieu de* spires extérieures, *lire* spires intérieures.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 2 JUIN 1913.

PRÉSIDENCE DE M. F. GUYON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** présente, de la part de M. Flourens, Conseiller d'État, Président actuel du Conseil d'administration de la Caisse des Recherches scientifiques, le *Rapport annuel, pour* 1912, *adressé au Président de la République*, et qui porte encore la signature de M. *Alfred Picard.*

ZOOLOGIE. — *Sur les genres* Pseudibacus *et* Nisto, *et le stade natant des Crustacés décapodes macroures de la famille des Scyllaridés.* Note de M. **E.-L. Bouvier.**

On sait depuis longtemps que les Scyllaridés se rapprochent étroitement des Palinuridés ou Langoustes, et qu'ils naissent, comme ces derniers, sous une forme étrange, le *phyllosome,* qui est translucide, aplati en feuille, et franchement pélagique; on sait aussi, grâce aux belles recherches trop ignorées de M. Boas (1), qu'avant d'acquérir leur état définitif, ils traversent un stade *natant*, où leurs fausses pattes abdominales fonctionnent en couples pour la natation et où ils revêtent déjà la forme des Crustacés macroures. En 1909, M. Calman (2) a montré que les Macroures rangés

(1) J.-E.-V. Boas, *Studier over Decapodernes Slaegtskabsforhold* (*Vid. Selsk. Skr.*, 6 *R., nat. og mat. Afd.* 1 et 2, 1880, p. 83-85, 87, 88).

(2) W.-T. Calman, *The genus* Puerulus, *Ortmann, and the Post-larval Development of the Spiny Lobsters* (Palinuridæ) (*Ann. nat. Hist.*, 8e série, t. VIII, 1909, p. 441-446).

dans le genre *Puerulus* Ortmann, sont de jeunes Palinuridés au stade natant, sauf toutefois deux espèces, *Puerulus angulatus* S. B. et *carinatus* Borr., qui grandissent et acquièrent la maturité sexuelle en conservant la forme et certains caractères du stade natant. Dans une étude récente [1], j'ai fait connaître plusieurs sortes de *puerulus*, et j'ai pu les rapporter presque toutes aux diverses espèces de Langoustes dont elles représentent le stade natant; il est remarquable de constater, à ce propos, que le *puerulus* de notre Langouste commune (*Palinurus vulgaris* Latr.) n'a pas été trouvé jusqu'ici, alors qu'on le connaît chez neuf espèces de Langoustes exotiques [2]. A vrai dire, les *puerulus* sont toujours d'une rareté extrême et l'on compte par unités ceux qui se trouvent dans les collections; d'où l'on peut conclure que leur éthologie est insuffisamment connue, car les Langoustes sont très prolifiques et leurs *puerulus* doivent abonder aux lieux où ils se tiennent.

A ces divers points de vue, l'histoire des Scyllaridés n'est pas sans de grandes analogies avec celle des Langoustes, c'est du moins ce que j'ai pu constater en étudiant des matériaux singulièrement précieux qui se trouvent dans les collections du Muséum.

Les Scyllaridés qui habitent les mers d'Europe sont représentés par deux espèces comestibles, très délicates et riches en chair; l'une fort grande, mais assez rare, le *Scyllarides latus* Latr., qui fréquente la Méditerranée, les Açores et les parties septentrionales de l'Atlantique africain depuis le Sénégal; l'autre, bien plus commune, le *Scyllarus arctus* L. ou « cigale de mer », qui est à peu près de la taille de l'Écrevisse et se rencontre jusqu'à la pointe anglaise de Cornouailles. On a bien décrit deux autres espèces, le *Pseudibacus Veranyi* Guérin et le *Nisto lævis* Sarato, mais je vais établir que la première de ces formes représente le stade « natant » du *Scyllarides latus* et la seconde celui du *Scyllarus arctus*.

I. Le *Pseudibacus Veranyi* ne le cède en rien, pour la rareté, aux *puerulus;*

---

(1) E.-L. Bouvier, *Le stade natant ou* puerulus *des Palinuridés* (Congrès entomologique d'Oxford, 1912).

(2) Je viens de reconnaître le *puerulus* d'une Langouste trouvée par M. Diguet dans le golfe de Californie, le *Panulirus inflatus* Bouvier; il ressemble beaucoup à celui de la Langouste royale, *Panulirus regius* Brito Capello, mais présente deux pointes sur l'arceau antennulaire.

il fut décrit et figuré par Guérin-Méneville [1] en 1855, d'après un exemplaire type qui semble perdu et qui fut trouvé par Verany « *accroché à un gros poisson de mer pêché dans les environs de Nice* » ; un autre représentant de cette forme a été capturé dans les mêmes eaux par le *Travailleur* et fait actuellement partie des collections du Muséum. L'examen de cet individu m'a permis de faire les observations suivantes :

Comme tous les *Pseudibacus*, le spécimen diffère des *Scyllarides* : par son céphalothorax démesurément élargi, à peine convexe du côté dorsal, où il présente à droite et à gauche un bord denticulé et tranchant; par sa surface lisse et dépourvue de tubercules; par ses pédoncules oculaires dont la cornée est dilatée; par le bord frontal qui laisse subsister une fissure pour les orbites, qui ne forme pas encore de saillie médiane et qui touche simplement l'arceau antennulaire sans entraver sa mobilité; par la disposition du premier article des pédoncules antennaires dont les lignes d'articulation avec la carapace et l'épistome sont encore un peu distinctes; par les maxillipèdes externes qui ne présentent pas encore de carène, et dont l'exopodite n'a pas encore de fouet; par ses pléopodes dont les deux rames sont bien développées avec un appendice interne armé de rétinacles; enfin par ses appendices thoraciques locomoteurs qui présentent encore des bourgeons exopodiaux. Tous ces caractères indiquent un développement inachevé; on observe sur les coxæ des pattes postérieures un prolongement spiniforme qui rappelle, par sa disposition, l'épine sternale de certains *puerulus*.

Les caractères spécifiques sont à très peu près les mêmes que ceux du *Scyllarides latus* : comme dans cette dernière espèce, il y a sur la carapace une saillie en pointe sur la région gastrique, une paire de saillies analogues sur la partie antérieure de la région cardiaque, sur les côtés de cette région et en arrière un bourrelet en ω où s'élève une série de saillies plus faibles, mais également en pointe. Les bords latéraux du *Sc. latus* ne sont plus dilatés et tranchants, il est vrai, mais restent néanmoins fort nets et, en avant de l'échancrure branchio-hépatique, présentent une série de 7 ou 8 pointes qui sont remplacées par des dents chez notre *Pseudibacus*. En arrière de l'échancrure les dents de ce dernier sont au nombre de 11-12 et doublées dorsalement par un bourrelet armé de saillies aiguës; chez le

---

[1] F.-E. Guérin-Méneville, *Notice sur un nouveau genre de Crustacés de la tribu des Scyllariens, découvert par M. Verany, aux environs de Nice* (*Rev. et Mag. de Zoologie*, 2e série, t. VII, 1855, p. 137, *Pl. V*).

Sc. latus, le bourrelet existe sans saillies prédominantes, mais il se distingue à peine du bord latéral qui présente d'ailleurs un nombre assez considérable de tubercules longitudinalement sériés. Les carènes dorsales des segments abdominaux sont en même nombre dans les deux formes, avec des saillies spiniformes dans le *Pseudibacus*, des tubercules un peu plus forts que les autres dans le *Sc. latus;* les épimères de ces segments sont du même type et armés presque semblablement dans les deux formes, et l'on peut en dire autant de l'article trilobé qui sert de base aux uropodes. Les fouets antennulaires sont semblables et les articles des antennes à peu près identiques; le carpe des maxillipèdes externes est, dans l'un et l'autre cas, très convexe en dehors; les pattes, enfin, présentent les mêmes dimensions relatives et sont ornées des mêmes fortes carènes.

Somme toute, le *Pseudibacus Veranyi* doit être regardé sans conteste comme le stade « natant » du *Scyllarides latus* et, dès lors, il y aura lieu de considérer le nom de *pseudibacus* comme un terme propre à désigner ce stade, sans valeur générique. On dira des *Scyllarides* qu'à la suite du stade phyllosome, ils traversent le stade natant de *pseudibacus* avant d'atteindre leur forme définitive. Deux autres *pseudibacus* sont actuellement connus : le *Pfefferi* Miers des îles Maurice et Clipperton, et le *Gerstæckeri* Pfeffer, de l'Atlantique; la première représente peut-être le stade natant du *Scyllarides squamosus* Edw. et la seconde celui du *Sc. æquinoctialis* Lund. Il faut également rapporter à la forme *pseudibacus*, bien qu'on ne les ait pas désignés sous ce nom, deux exemplaires qui ont eu les honneurs de publications scientifiques : l'un provenait des eaux brésiliennes et fournit à M. Boas les éléments de sa découverte relative au stade natant des *Scyllarides;* l'autre, de provenance inconnue, fut représenté par Ferd. Richters [1], qui le considérait comme un « jeune *Ibacus* ». Ce dernier diffère assez peu du *Ps. Veranyi*, mais présente des bourgeons exopodiaux bien plus allongés, et une armature céphalothoracique légèrement différente; M. Boas a observé que sa ressemblance avec les *Ibacus* est trompeuse, et qu'il faut le considérer comme un *Scyllarides* au stade natant. J'ajoute, pour terminer cette revue, que M. Ortmann [2] considère justement les *pseudibacus* comme la forme jeune de Scyllaridés dont il ne fixe pas la nature générique.

---

[1] Ferd. Richters, *Die Phyllosomen. Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Loricaten* (*Zeit. wiss. Zool.*, B. XXIII, 1873, p. 642, Taf. XXXIV, *fig.* 7 et 7').

[2] A. E. Ortmann, *Crustacea* (*Klassen und Ordnungen der Arthropoden*, B. V, Abth. II, 1901, p. 1138).

II. J'arrive maintenant à une seconde forme méditerranéenne, la forme *Nisto* également trouvée dans la baie de Nice. Cette forme fut signalée et longuement décrite par Sarato [1], qui la considérait comme un type subgénérique du genre *Arctus* (= *Scyllarus*); elle est peu connue des zoologistes, car la publication en fut confiée à un recueil autant mondain que scientifique. Les *Nisto* se distinguent des Scyllares, surtout de l'espèce méditerranéenne *Scyllarus arctus* L., par leurs téguments coriaces, semi-translucides et dépourvus de saillies squamiformes; par la présence d'une carène médiane sur leurs segments abdominaux, par le développement d'une paire d'épines sternales sur le dernier segment du céphalothorax; par leur carapace très peu convexe du côté dorsal dont les bords latéraux sont tranchants; enfin et surtout par ses pléopodes qui sont caractéristiques du stade natant comme ceux des *Pseudibacus*. La carapace, toutefois, est moins large que dans cette dernière forme.

Sarato décrivit deux sortes de *Nisto*, le *N. lævis* et le *N. asper* qui diffèrent très peu l'un de l'autre et doivent être sûrement considérés comme deux états d'un même type. J'ai trouvé dans les collections du Muséum une vingtaine de *Nisto lævis* qui avaient été envoyés par Sarato à mon regretté maître Alphonse Milne-Edwards. Abstraction faite des caractères précédents, ils ressemblent tout à fait à de jeunes *Scyllarus arctus* par la structure de leurs antennules et de leurs antennes, par les carènes de leur carapace, par leurs appendices thoraciques et par les épines de leur nageoire caudale ; les carènes de leur carapace occupent la même position, présentent les mêmes échancrures et portent les mêmes saillies, seulement ces dernières sont simplement spiniformes dans le *Nisto lævis*, tandis qu'elles s'étalent en squames dans le *Scyllarus arctus*. Les carènes abdominales du *Nisto lævis* deviennent une squame plate et lobée dans le *Sc. arctus* qui présente, d'ailleurs, une saillie médiane prégastrique encore absente dans les *Nisto*.

Il est de toute évidence que les *Nisto* sont les jeunes natants du *Scyllarus arctus*, et Sarato ne fut pas sans observer les ressemblances qui existent entre les deux formes; mais ayant constaté qu'ils atteignent les mêmes dimensions (18^{mm}-22^{mm}) que les petits Scyllares au stade définitif, il crut pouvoir en conclure qu'il se trouvait en présence d'un type nouveau. Or on sait, depuis les belles recherches de M. Boas, que les Palinuridés et Scyllaridés au stade natant sont à peu près de même taille que les jeunes individus du

---

(1) C. Sarato, *Études sur les Crustacés de Nice, genre* Arctus, *Dana.*; *sous-genre* Nisto, *Nob.* (*Le Moniteur des étrangers de Nice*, 1er mars 1885).

stade définitif, et cela suffit pour montrer qu'une simple mue doit conduire d'un état à l'autre.

Ainsi le sous-genre établi doit disparaître et l'on emploiera le terme de *nisto* pour désigner le stade « natant » des *Scyllarus*. On n'a pas décrit, que je sache, d'autres *Nisto* que celui du *Scyllarus arctus*, mais ce dernier ne semble pas rare, encore qu'il ne se trouve point signalé par les auteurs. Sarato en a « vu ou recueilli plus de 150 échantillons », tous à peu près de même taille : « 17^{mm}-22^{mm}. Les pêcheurs de l'endroit n'en connaissent pas de plus grandes, ajoute Sarato. Ils prennent ces *machottes blanches*, la nuit, au *gangui*, sorte de drague, à 30-40 brasses de profondeur, avec des galathées, de petites langoustes et divers poissons, tels que motelles, scorpènes, trigles, serrans, crénilabres. »

Nous voici donc mieux renseignés sur le développement des Scyllaridés de nos mers que sur celui de la Langouste commune, dont le stade « natant » est encore inconnu. A vrai dire, on n'a pas observé la transformation de leur phyllosome en individu « natant », ni celle de ce dernier en la forme définitive. Il est peu probable que cette transformation nous ménage quelques surprises, mais il n'est pas sans intérêt de savoir où et comment elle s'effectue, où se tiennent les « natants » des Scyllaridés (comme ceux des Langoustes d'ailleurs), et ce sont là des questions qui restent encore à résoudre.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Le quotient Trouton et la chaleur moléculaire de vaporisation des corps purs bouillant aux températures élevées.* Note de M. DE FORCRAND.

Dans une Note récente [1] j'ai expliqué que, d'après les faits actuellement connus, il devenait impossible de maintenir la règle de Trouton parmi les lois scientifiques. Ce n'est plus qu'une relation approchée, applicable seulement aux températures moyennes comprises entre 250° et 900° absolus. En dehors de cette région les écarts entre les valeurs réelles et la moyenne 22 sont tels que celles-ci passent de 0, *vers* le zéro absolu, à 27 environ à 2600°, et paraissent croître au delà sans limite.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1439.

J'ai proposé de représenter ces variations par la formule

$$\frac{L}{T} = 10,1 \log T - 1,5 - 0,009 T + 0,0000026 T^2.$$

Je voudrais insister ici sur l'application de cette formule aux températures élevées, et en déduire quelques conséquences.

T est certainement, des deux termes de la fraction $\frac{L}{T}$, celui qui est le mieux connu, même aux températures élevées.

Il en est autrement pour L.

Trois méthodes permettent actuellement d'en déterminer la valeur, dans le cas général.

La méthode ébullioscopique (avec la formule de Van't Hoff) n'a pas été essayée jusqu'ici aux températures élevées.

La méthode directe est fort délicate toutes les fois qu'on s'écarte de la zone moyenne de 300° à 500° absolus; et même dans ces conditions les causes d'erreur sont telles que les nombres obtenus par divers expérimentateurs sont très peu concordants. Ainsi pour le brome et pour le chloroforme, substances cependant faciles à purifier, les écarts sont de 6 à 10 pour 100 de la valeur totale. En général il semble que les nombres obtenus sont trop élevés aux températures basses, et trop faibles à haute température.

Aussi les mesures faites aux températures élevées ne me paraissent pas mériter très grande confiance (1).

La méthode des tensions de vapeur (avec la formule de Clapeyron) semble à première vue beaucoup plus sûre. A plusieurs reprises j'ai indiqué quels services elle pouvait rendre. M. Leduc (2) a marqué aussi sa préférence pour ce procédé d'évaluation de L.

Il insiste, il est vrai, et avec raison pour le cas général, sur la nécessité d'introduire alors un terme correctif φ, qui exige, en outre de la connaissance de la pression critique, celle de la température critique et du volume liquide, données qui sont inconnues pour les températures élevées. On pourrait d'ailleurs, dans bien des cas, remplacer cette correction par celle de M. Nernst $\left(\frac{P_c - 1}{P_c}\right)$, ou mieux par celle de M. L. Gay (3), lesquelles n'exigent pas la connaissance du volume liquide et de la température critique.

Le plus souvent, il est vrai, aux températures élevées, la pression critique n'est

---

(1) Pour ces raisons je ne me suis pas arrêté aux expériences récentes faites sur le mercure, le zinc, le cadmium et le bismuth par MM. Wehnelt et Musceleanu, et sur lesquelles M. Van Aubel s'est appuyé pour justifier *la loi* de Trouton (*Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 456). Ces valeurs s'écartent beaucoup de celles fournies par la méthode des tensions de vapeur.

(2) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 225.

(3) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1464.

même pas connue, mais du moins on peut admettre qu'elle est très grande, et lorsqu'elle est très grande, la correction devient négligeable si l'on se propose de connaître L à la pression atmosphérique.

Il est certain en effet que, d'une manière générale, lorsque T augmente, P_c augmente aussi. Non pas qu'il y ait une relation générale simple; elle ne paraît exister que pour chaque famille de corps analogues (ou homologues). Toutefois, il n'y a aucune chance de rencontrer, bouillant à des températures de 1000° ou 2000° absolus, des corps dont la pression critique serait de quelques atmosphères. Déjà pour le mercure, bouillant à 630° absolus, P_c atteint ou dépasse 200^{atm} (1).

Dans ces conditions, et étant données les incertitudes de la détermination des températures et des pressions, le mieux, en vue d'un calcul fait pour la température T, est de supprimer toute correction et d'appliquer simplement la formule de Clapeyron aux mesures des tensions faites au voisinage de T et de 760^{mm}. On ne s'expose ainsi qu'à une erreur de $\frac{1}{200}$ au plus.

Ceci étant expliqué, voici quelques applications de ma formule aux températures élevées (à partir de 630° absolus) pour le mercure, le cadmium, le zinc, le bismuth, le plomb, l'argent, l'étain et le cuivre.

J'ai indiqué en regard les valeurs de L, déterminées directement ou déduites des tensions de vapeur.

	Calculé avec ma formule.		Valeurs de L déduites des tensions de vapeur.				Déterminations directes de L.		
	Valeurs de $\frac{L}{T}$.	Valeurs de L (en grandes calories).	Laby.	Smith et Menzies.	Ramsay et Young.	Young.	Person.	Kurbatof.	Wehnelt et Musceleanu.
Mercure (T=630°).	22,135	13,945	14,020	14,047	13,719	13,883	12,400	13,600	12,720
Cadmium (T=1051°).	22,431	23,575		D. Berthelot. 25,663			Sutherland. 28,0		Wehnelt et Musceleanu. 20,344
Zinc. (T=1191°).	22,536	26,840	D. Berthelot. 29,272		Greenwood. 28,500		27,0		23,923
Bismuth (T=1693°).	23,325	39,488		Greenwood. 42,700			Wehnelt et Musceleanu. 33,592		
Plomb (T=1798°).	23,596	42,426		45,500					
Argent (T=2228°).	25,168	56,074		55,800					
Étain (T=2543°).	26,821	68,206		73,900					
Cuivre (T=2583°).	27,063	69,904		70,600					

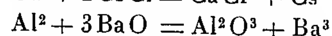
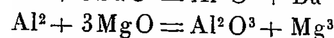
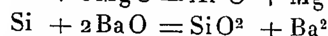
(1) Cailletet, Colardeau et Rivière (*Comptes rendus*, t. 130, 1900, p. 1585) ont pu *liquéfier* le mercure à 1153° absolus sous une pression de 162^{atm}.

L'accord est certainement satisfaisant, dans l'ensemble, entre les valeurs déduites des tensions et celles que donne ma formule, tandis que la formule plus simple de Nernst conduirait à des valeurs de L de 36 environ pour l'étain et le cuivre.

On sera certainement surpris de la grandeur de ces nombres : 56 pour l'argent, 70 pour le cuivre. En extrapolant jusqu'à la température d'ébullition du carbone, estimée à 3800°, on trouverait que la valeur de L atteint $144^{Cal},4$.

J'avais déjà signalé, il y a 12 ans environ, alors que nous pensions tous que la relation de Trouton était applicable même aux très hautes températures, que tous ces corps qui ont un point d'ébullition élevé acquièrent en passant à l'état gazeux une dose d'énergie supplémentaire énorme. Le fait que la règle n'est point exacte et que le quotient augmente avec T exagère l'importance de ces conséquences. En effet L augmente d'abord, parce qu'elle est le produit du quotient Trouton par T, puis parce que ce quotient augmente lui-même, et très vite, aux températures élevées.

Ainsi des réactions telles que


$$Ca + 2CsCl = CaCl^2 + Cs^2$$

$$Al^2 + 3BaO = Al^2O^3 + Ba^3$$

$$Al^2 + 3MgO = Al^2O^3 + Mg^3$$

$$Si + 2BaO = SiO^2 + Ba^2$$

s'expliquent très simplement par l'intervention des *vapeurs* de Ca, de Al, de Si, dans les conditions de l'expérience; elle n'est point compensée par la chaleur de vaporisation du corps antagoniste, dont le point d'ébullition T est bien inférieur; ce qui concorde avec la loi de Berthollet et la loi dite de *volatilité* de M. Matignon.

De même l'argent, qui bout à 1955° C., est gazeux à la température du chalumeau oxyhydrique et peut s'oxyder dans ces conditions, bien que son oxyde se dissocie vers 200°. La chaleur de formation de cet oxyde à haute température n'est plus $+ 7^{Cal},0$, mais $+ 7 + 56$, soit $+ 63^{Cal}$, si la molécule d'argent est Ag^2, et même $+ 7 + 2 \times 56$, si la molécule est Ag à 2000°.

Toutes les combinaisons du carbone sont fortement exothermiques et très stables aux températures où il est gazeux. La chaleur de formation du carbure de calcium devient $+ 13^{Cal},15 + 144,4$, ou peut-être $+ 13,15 + 2 \times 144,4$. Et il n'est même pas impossible que le carbone intervienne déjà à l'état gazeux aux plus hautes températures de nos fourneaux métallurgiques. Dans tous les cas, au four électrique, le carbone doit réduire l'alumine en dehors de toute électrolyse.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Chimie, en remplacement de M. *Lecoq de Boisbaudran*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 37,

M. **Ciamician** réunit l'unanimité des suffrages.

PRÉSENTATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la formation d'une liste de deux candidats, qui sera présentée à M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie pour la Chaire de *Constructions civiles*, vacante au Conservatoire national des Arts et Métiers.

Au premier tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat de première ligne, le nombre de votants étant 43,

M. Mesnager obtient . . . . 41 suffrages
M. Espitallier » . . . . 1 suffrage

Il y a 1 bulletin nul.

Au second tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat de seconde ligne, le nombre de votants étant 34,

M. Espitallier obtint . . . . 33 suffrages

Il y a 1 bulletin nul.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie comprendra :

En première ligne . . . . M. **Mesnager**
En deuxième ligne . . . . M. **Espitallier**

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie le décès de Lord *Avebury* (Sir *John Lubbock*).

M. C. **Schlegel** adresse un Rapport sur l'emploi qu'il a fait de la subvention qui lui a été accordée sur le Fonds Bonaparte en 1912.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° A. Couvelaire. *Introduction à la Chirurgie utérine obstétricale.* (Présenté par M. Guyon.)

2° Émile-F. Terroine. *La sécrétion pancréatique.* (Présenté par M. A. Dastre.)

ASTRONOMIE. — *Sur le spectre de la comète Schaumasse* 1913 *a*. Note de M. J. **Bosler**, présentée par M. H. Deslandres.

Nous avons pu, grâce à quelques nuits assez favorables, observer le spectre de la comète récemment découverte à Nice par M. Schaumasse. L'appareil employé a été le prisme à miroir objectif de $0^m,25$ de diamètre et de rapport d'ouverture $\frac{1}{3}$, qui a déjà été utilisé à l'Observatoire pour l'étude des comètes de ces dernières années.

Cinq clichés ont été obtenus les 24, 25, 26, 28 et 31 mai : ils ont été posés respectivement $1^h 50^m$, 3^h, $3^h 20^m$, 3^h et $3^h 5^m$. Nous avons employé le 26 une plaque Lumière Σ, le 31 une plaque Jougla mauve orthochromatisée par nous et les trois autres nuits des plaques Lumière violettes.

Toutes ces épreuves laissent voir un même spectre à fond continu qui part de la limite de sensibilité des plaques dans le rouge et s'étend dans l'ultraviolet jusque vers λ360 : ce fond continu, bien que faible par endroits, n'est cependant nulle part douteux (1). Trois condensations fort

(1) On se rappelle que certaines comètes, notamment la comète Morehouse (1908*c*), ont paru exclusivement gazeuses, leurs spectres ne semblant renfermer que des bandes brillantes.

nettes y sont visibles : la bande bleue habituelle du spectre de Swan, attribué au carbone (vers λ 473), celle du cyanogène λ 388, qui est d'ailleurs la plus intense, enfin une bande large allant de λ 400 à λ 407, avec maximum vers λ 404.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète 1913 a (Schaumasse), faites à l'Observatoire de Marseille, au chercheur de comètes.* Note de M. **Borrelly**, présentée par M. B. Baillaud.

Comète 1913 *a* (Schaumasse).

Dates. 1913.	Temps moyen de Marseille.	Δ en Æ.	Δ en déclin.	Nombre de compar.	Æ apparente.	Log. fact. parall.	Déclinaison apparente.	Log. fact. parall.	⋆.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Mai 9. ..	13.35.51	+1. 7,04	−10.18,5	5 : 5	20.44.38,18	−1̄,579	+12.29.20,8	+0,113	1
» 10....	13.43. 7	+0. 8,50	+13.52,3	7 : 7	20.40.41,64	−1̄,562	+13.28.14,3	+0,700	2
» 15....	12.45.15	+0. 9,22	− 7.24,7	5 : 5	20.16.37,26	−1̄,592	+18.56. 3,6	+0,672	3
» 22....	11.24.11	−0.33,00	− 3.21,2	5 : 5	19.24.33,81	−1̄,623	+28.14.45,2	+0,580	4
» 29....	10.36.49	−0.36,12	− 3. 6,9	7 : 7	18. 2. 6,78	−1̄,576	+37.23.11,9	+0,300	5
» 30....	9.32.58	+0.14,14	− 6.29,5	6 : 6	17.48.29,07	−1̄,656	+38.21. 6,1	+0,396	6

Position des étoiles de comparaison.

⋆.	Gr.	Æ moyenne 1913,0.	Réduction au jour.	Déclin. moyenne 1913,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
1.........	8	20.43.30,06	+1,08	+12.39.51,4	−12,1	8135 Leipzig I, A.G.
2.........	7,5	20.40.32,02	+1,12	+13.14.34,2	−12,2	8107 Leipzig I, A.G.
3.........	8,4	20.16.26,69	+1,35	+19. 3.42,3	−14,0	8118 Berlin A, A.G.
4.........	8,7	19.25. 5,03	+1,78	+28.18.22,5	−16,1	10020 Cambridge (Engl.), A.G.
5.........	8,8	18. 2.40,51	+2,39	+37.26.34,3	−15,5	7479 Lund, A.G.
6.........	7,2	17.48.12,46	+2,47	+38.27.50,6	−15,0	7331 Lund, A.G.

Le 9 mai, la comète est faible, 11ᵉ gr., le ciel est mauvais. Le 10, la comète a sensiblement l'aspect de la veille. Le 15, la comète est de 10ᵉ-11ᵉ gr. Le 22, la comète a sensiblement l'aspect de la veille. Le 29, la comète présente une légère condensation au centre; gr. 10ᵉ,5. Le 30, la comète a l'éclat d'une faible 10ᵉ, elle est ronde avec légère condensation au centre.

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète 1913 a (Schaumasse), faites à l'Observatoire de Marseille (équatorial d'Eichens, de $0^m,26$ d'ouverture).* Note de M. **Coggia**, présentée par M. B. Baillaud.

Dates. 1913.	Temps moyen de Marseille.	ΔÆ.	ΔŒ.	Nombre de comp.	Æ apparente.	Log. fact. parall.	Œ apparente.	Log. fact. parall.	★.
	h m s	m s	′ ″		h m s		° ′ ″		
Mai 26.....	11.37.13,6	−0.19,56	+4.44,1	12:12	18.41. 2,69	−$\bar{1}$,537	56.10.37,3	−0,368	1
» 27.....	11.49.41,0	+0.14,78	−8.17,5	12: 7	18.28.22,04	−$\bar{1}$,474	54.52.58,9	−0,274	2
» 28.....	11.46.49,5	+1.29,95	+0.59,6	15:10	18.15.12,21	−$\bar{1}$,437	53.40.34,6	−0,199	3
» 29.....	11.28.13,7	−1. 6,44	+0.45,4	15: 7	18. 1.36,47	−$\bar{1}$,449	52.34.26,5	−0,160	4

Positions moyennes des étoiles de comparaison.

★.	Gr.	Æ, 1913,0.	Réduction au jour.	Œ, 1913,0.	Réduction au jour.	Autorités.
		h m s	s	° ′ ″	″	
1...............	8,0	17.41.20,13	+2,12	56. 5.36,9	+16,3	6833 Leyde
2...............	7,3	18.28. 5,05	+2,21	55. 1. 0,3	+16,1	7723 Lund
3...............	8,9	18.13.39,95	+2,31	53.39.19,2	+15,8	7591 Lund
4...............	8,8	18. 2.40,52	+2,39	52.33.25,6	+15,5	7479 Lund

Le 26, la comète est brillante, irrégulière et d'apparence résoluble. Diamètre : 2′ environ.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la convergence des séries trigonométriques de Fourier.* Note de M. **N. Lusin**, présentée par M. Appell.

1° Dans la Note présente je me propose de déduire une condition nécessaire et suffisante pour la convergence presque partout de toute série trigonométrique de Fourier d'une fonction à carré sommable.

Considérons deux séries trigonométriques conjuguées

$$(1) \qquad \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos n x + b_n \sin n x$$

et

$$(2) \qquad \sum_{n=1}^{\infty} - b_n \cos n x + a_n \sin n x,$$

où la série $\sum_{n=1}^{\infty} a_n^2 + b_n^2$ est convergente. D'après un théorème de MM. Fischer

et Riesz, ces séries trigonométriques sont les séries de Fourier de deux fonctions à carré sommable $f(x)$ et $g(x)$, ce qui donne lieu aux égalités

$$(3)\quad \begin{cases} a_n = \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} f(\alpha)\cos n\alpha\, d\alpha = \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} g(\alpha)\sin n\alpha\, d\alpha, \\ b_n = \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} f(\alpha)\sin n\alpha\, d\alpha = -\frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} g(\alpha)\cos n\alpha\, d\alpha \end{cases}$$

Donc, en désignant par $S_n(x)$ la somme

$$\sum_{k=1}^{k=n} a_k \cos kx + b_k \sin kx,$$

nous pouvons écrire

$$S_n(x) = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} [g(x+\alpha) - g(x-\alpha)] \left[\frac{1}{2\operatorname{tang}\frac{\alpha}{2}} - \frac{\cos\left(n+\frac{1}{2}\right)\alpha}{2\sin\frac{\alpha}{2}} \right] d\alpha.$$

De là, *il suffit* pour la convergence presque partout dans $(0, 2\pi)$ de la série (1) de Fourier qu'on ait simultanément :

I. $$\frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} \frac{g(x+\alpha) - g(x-\alpha)}{2\operatorname{tang}\frac{\alpha}{2}}\, d\alpha = f(x)$$

presque partout, l'intégrale étant définie comme $\lim_{\varepsilon=0}\int_\varepsilon^\pi$;

II. $$\lim_{n=\infty}\int_0^{\pi} \frac{g(x+\alpha) - g(x-\alpha)}{\alpha}\cos n\alpha\, d\alpha = 0$$

presque partout.

Nous allons démontrer que ces deux conditions I et II sont en même temps *nécessaires* pour la convergence presque partout de la série (1) de Fourier.

2° Considérons d'abord la nature de la condition I. Supposons pour cela $g(x)$ une fonction continue dans $(0, 2\pi)$. Il est évident que l'existence de l'intégrale $\int_0^{\pi} \frac{g(x+\alpha) - g(x-\alpha)}{2\operatorname{tang}\frac{\alpha}{2}}\, d\alpha$ est équivalente à l'existence de l'intégrale $\int_0^{\pi} \frac{g(x+\alpha) - g(x-\alpha)}{\alpha}\, d\alpha$. En général, $\left|\frac{g(x+\alpha) - g(x-\alpha)}{\alpha}\right|$ ne restera pas bornée lorsque α tend vers zéro. En effet, on peut construire

une fonction *continue* $g(x)$ telle qu'on a

$$\int_0^{\pi}\left|\frac{g(x+\alpha)-g(x-\alpha)}{\alpha}\right|d\alpha=+\infty$$

pour un ensemble de points x de mesure *non nulle*. Nous allons, au contraire, montrer que l'intégrale $\int_0^{\pi}\frac{g(x+\alpha)-g(x-\alpha)}{\alpha}\,d\alpha$ existe toujours presque partout et cela quelle que soit la fonction $g(x)$ à carré sommable. Donc cette intégrale doit son existence à quelque sorte de l'*interférence* des valeurs infinies positives et négatives de la fonction $\frac{g(x+\alpha)-g(x-\alpha)}{\alpha}$ dans le voisinage de $\alpha=0$. On peut considérer cette interférence comme la cause de la convergence de toutes les séries trigonométriques de Fourier.

3° Considérons la fonction harmonique

$$\sum_{n=1}^{\infty}\rho^n(a_n\cos nx+b_n\sin nx).$$

D'après les formules (3) on a identiquement, pour $0\leqq x\leqq 2\pi$ et $0\leqq\rho<1$,

$$\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}f(\alpha)\frac{1-\rho^2}{1-2\rho\cos(\alpha-x)+\rho^2}\,d\alpha=\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}g(\alpha)\frac{2\rho\sin(\alpha-x)}{1-2\rho\cos(\alpha-x)+\rho^2}\,d\alpha.$$

L'intégrale du premier membre est une intégrale de Poisson qui correspond à une fonction à carré sommable; par conséquent, cette intégrale tend vers $f(x)$ presque partout quand ρ tend vers 1. De là, suivant l'analyse de M. Fatou (*Acta mathematica*, t. XXX, p. 360), et en vertu de « C-propriété » de la fonction $g(x)$ (ma Note, *Comptes rendus*, 17 juin 1912), on démontre sans difficulté que l'intégrale $\frac{1}{\pi}\int_{\varepsilon}^{\pi}\frac{g(x+\alpha)-g(x-\alpha)}{2\tang\frac{\alpha}{2}}\,d\alpha$ tend vers $f(x)$ presque partout quand ε tend vers zéro pour toute fonction $g(x)$ à carré sommable.

4° La condition I étant satisfaite pour toute fonction $f(x)$ à carré sommable, on voit bien que la condition II est nécessaire et suffisante pour la convergence presque partout de la série de Fourier (1). Il est infiniment probable que la condition II est de même réalisable pour toute fonction $g(x)$ à carré sommable et, par conséquent, que toute série trigonométrique de Fourier qui correspond à une fonction à carré sommable, est toujours convergente presque partout. Il faut ici signaler une différence importante

entre le cas de fonction *sommable* et le cas de fonction *à carré sommable :* en effet, on peut construire une fonction *sommable*

$$f(x) \sim \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos nx + b_n \sin nx$$

telle que la somme de la série conjuguée

$$\sum_{n=1}^{\infty} - b_n \cos nx + a_n \sin nx$$

est une fonction *non sommable* dans aucun intervalle de $(0, 2\pi)$ et, par conséquent, non totalisable au sens de M. Denjoy.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration des équations aux dérivées fonctionnelles partielles* (1). Note (2) de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Hadamard.

Soit Φ une fonctionnelle dépendant d'un contour plan C, d'une fonction $u(s)$ définie en chaque point de C, s étant la longueur d'arc, et en outre de p paramètres $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_p$. Pour chaque système de valeurs de ces paramètres, supposons sa variation de la forme

$$(1) \qquad \delta\Phi = \int_C [\Phi'_u(s)\, \delta u + \Phi'_n(s)\, \delta n]\, ds.$$

Si l'on considère les paramètres λ, non comme des constantes, mais comme des fonctionnelles de C et de $u(s)$ définies implicitement par les équations

$$(2) \qquad \frac{\partial \Phi}{\partial \lambda_i} = 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots, p),$$

on obtient une nouvelle fonctionnelle dont la variation est encore donnée par la formule (1), les valeurs de Φ'_u et Φ'_n restant les mêmes. Tous les *éléments* de cette fonctionnelle appartiennent à une des fonctionnelles considérées d'abord. On peut dire qu'elle est l'*enveloppe* de ces fonctionnelles.

(1) Cette Note fait suite à ma Note du 19 mai, dont je conserve les définitions et les notations.

(2) Présentée dans la séance du 26 mai 1913.

Cette notion d'enveloppe s'étend au cas de fonctionnelles dépendant d'une fonction arbitraire; le système (2) est alors remplacé par une équation fonctionnelle. On peut de même définir l'enveloppe de fonctionnelles dépendant d'une fonction arbitraire et d'un certain nombre de paramètres, ou bien d'une fonction soumise à des conditions restrictives.

Si une infinité de fonctionnelles vérifient une équation aux dérivées fonctionnelles partielles

$$\Phi'_n(s) = \mathrm{F}|(\mathrm{C}, u, \Phi'_u; \Phi, s)|, \tag{3}$$

il en est de même de leur enveloppe. Une famille de fonctionnelles dépendant d'une fonction arbitraire $f(t)$ et d'un paramètre λ, vérifient toujours une équation de la forme (3) et en général une seule. Dans ce cas, on peut dire qu'elle constitue une *intégrale complète* de l'équation (3), qui est certainement complètement intégrable. Son enveloppe constitue l'*intégrale singulière*. On définit l'*intégrale générale* comme enveloppe d'intégrales choisies parmi celles qui constituent l'intégrale complète.

Le cas le plus général est celui où ces intégrales dépendent de la fonction arbitraire $f(t)$, λ étant une fonctionnelle de $f(t)$; l'ensemble des éléments communs à ces intégrales et à leur enveloppe constitue une caractéristique de première espèce. On voit que l'intégrale générale dépend d'une fonctionnelle arbitraire.

Ces notions s'étendent aisément aux fonctionnelles dépendant de la ligne C et de plusieurs fonctions arbitraires.

Application. — Considérons une fonction z de x et y et une intégrale définie de la forme

$$\mathrm{I} = \int\int_{\mathrm{S}} f\left(x, y, z, \frac{\partial z}{\partial x}, \frac{\partial z}{\partial y}, \ldots, \frac{\partial^p z}{\partial x^p}, \frac{\partial^p z}{\partial x^{p-1}\partial y}, \ldots, \frac{\partial^p z}{\partial y^p}\right) dx\, dy,$$

S désignant la région intérieure au contour C. Supposons que, pour toutes les fonctions z vérifiant sur le contour les conditions

$$z = u(s), \qquad \frac{dz}{dn} = u_1(s), \qquad \ldots, \qquad \frac{d^{p-1}z}{dn^{p-1}} = u_{p-1}(s),$$

$\frac{d}{dn}$ désignant une dérivée normale, I ait un minimum déterminé Φ. On sait que la détermination correspondante de z vérifie une équation aux dérivées partielles d'ordre $2p$

$$h\left(x, y, z, \frac{\partial z}{\partial x}, \frac{\partial z}{\partial y}, \ldots, \frac{\partial^{2p} z}{\partial y^{2p}}\right) = 0. \tag{4}$$

Φ est une fonctionnelle dépendant de C, u, u_1, ..., u_{p-1}. J'ai obtenu sur cette fonctionnelle les résultats suivants :

1° Φ vérifie une équation aux dérivées fonctionnelles qu'on peut former sans avoir intégré l'équation (4). Cette équation donne en chaque point de la courbe C la valeur de $\Phi'_n(s)$ en fonction des valeurs en ce point de

$$x,\ y,\ u(s),\ u_1(s),\ \ldots,\ u_{p-1}(s),\quad \Phi'_u(s),\ \Phi'_{u_1}(s),\ \ldots,\ \Phi'_{u_{p-1}}(s)$$

et des dérivées de ces quantités par rapport à s.

Un exemple d'une telle équation, vérifiée par l'intégrale de Dirichlet, a été donné par M. Volterra. Comme autre exemple, citons l'équation que vérifie l'aire de la surface minima limitée à une courbe gauche, cette courbe étant définie par sa projection C sur un plan et la distance z de chacun de ses points à ce plan. En adoptant les notations de M. Volterra pour représenter les dérivées d'une fonction de courbe gauche, cette équation s'écrit

$$(\Phi'_x)^2 + (\Phi'_y)^2 + (\Phi'_z)^2 = 1.$$

2° Toutes les équations aux dérivées fonctionnelles partielles ainsi obtenues sont complètement intégrables.

3° Si l'on remplace dans la définition de Φ l'aire S par l'aire comprise entre C et un autre contour C_1, on obtient de nouvelles intégrales de la même équation; on peut même ajouter à Φ une constante λ. En faisant varier λ et les déterminations de u, u_1, ..., u_{p-1} relatives au contour C_1, on obtient une famille d'intégrales de l'équation étudiée ne vérifiant aucune autre équation de même nature, c'est-à-dire une intégrale complète.

4° Les caractéristiques de première espèce de cette équation se définissent de la manière suivante : on choisit une intégrale z de l'équation (4) et une valeur de λ. Pour chaque contour C, et les déterminations de u, u_1, ..., u_{p-1} correspondant à ce contour et à la détermination considérée de z, Φ est égal à l'intégrale I, relative à cette fonction z et à l'aire comprise entre C et un autre contour fixe, et augmentée de la constante λ.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur les nombres de classes des formes quadratiques binaires positives et à déterminant négatif.* Note de M. **Jacques Chapelon**, présentée par M. G. Humbert.

J'ai dernièrement indiqué le principe d'une méthode permettant d'obtenir des sommes telles que

$$\sum F(N-x^2) \quad \text{et} \quad \sum F_1(N-x^2),$$

où F et F_1 sont respectivement les nombres de classes des formes quadratiques de déterminant x^2-N, positives, de l'ordre propre et de l'ordre impropre, et x un entier de signe quelconque, congru à 0, ± 1 ou ± 2 (mod 5).

J'ai donné quelques formules se rapportant au cas où N est multiple de 10.

Voici des formules analogues *pour les autres cas où* N *est pair.*

Je rappelle que d' est un diviseur quelconque de N; de plus, on pose

$$N = d_1 d \qquad \text{avec} \qquad d_1 \geqq d.$$

Alors :

1° Si $N \equiv 2$ (mod 10),

$$\sum_{\substack{x\equiv\pm1\\(\text{mod}\,5)}} F(N-x^2) = \frac{3}{8}\sum d' - \frac{5}{8}\sum(-1)^{d'}d' + \frac{1}{2}\sum(-1)^{d_1}(d_1-d).$$

$$\sum_{\substack{x\equiv\pm1\\(\text{mod}\,5)}} F_1(N-x^2) = -\frac{1}{8}\sum d' - \frac{1}{8}\sum(-1)^{d'}d' + \frac{1}{2}\sum(-1)^{d_1}(d_1-d),$$

$$\sum_{\substack{x\equiv\pm2\\(\text{mod}\,5)}} F(N-x^2) + \sum_{\substack{x\equiv0\\(\text{mod}\,5)}} F(N-x^2) = \frac{3}{8}\sum d' - \frac{1}{8}\sum(-1)^{d'}d'.$$

$$\sum_{\substack{x\equiv\pm2\\(\text{mod}\,5)}} F_1(N-x^2) = -\frac{1}{12}\sum d' + \frac{1}{4}\sum(-1)^{d'}d',$$

$$\sum_{\substack{x\equiv0\\(\text{mod}\,5)}} F_1(N-x^2) = -\frac{1}{24}\sum d' + \frac{1}{8}\sum(-1)^{d'}d';$$

2° Si $N \equiv -2$ (mod 10), on a les mêmes formules, mais il faut permuter $\sum\limits_{x\equiv\pm1}$ et $\sum\limits_{x\equiv\pm2}$;

3° Si $N \equiv 4 \pmod{10}$,

$$\sum_{\substack{x\equiv\pm1\\(\mathrm{mod}\,5)}} F(N-x^2) + \sum_{\substack{x\equiv\pm2\\(\mathrm{mod}\,5)}} F(N-x^2)$$

$$= \frac{9}{16}\sum d' - \frac{7}{16}\sum(-1)^{d'}d'$$

$$+ \frac{1}{4}\sum(-1)^{d'}\left(\frac{d'}{5}\right)d' + \frac{1}{2}\sum(-1)^{d_1}\left(\frac{d_1+d}{5}\right)^2(d_1-d),$$

$$\sum_{\substack{x\equiv\pm1\\(\mathrm{mod}\,5)}} F_1(N-x^2) = -\frac{1}{12}\sum d' + \frac{1}{4}\sum(-1)^{d'}d',$$

$$\sum_{\substack{x\equiv\pm2\\(\mathrm{mod}\,5)}} F_1(N-x^2) = -\frac{5}{48}\sum d' + \frac{1}{16}\sum(-1)^{d'}d'$$

$$+ \frac{1}{4}\sum(-1)^{d'}\left(\frac{d'}{5}\right)d' + \frac{1}{2}\sum(-1)^{d_1}\left(\frac{d_1+d}{5}\right)^2(d_1-d),$$

$$\sum_{\substack{x\equiv0\\(\mathrm{mod}\,5)}} F(N-x^2) = \frac{3}{16}\sum d' - \frac{5}{16}\sum(-1)^{d'}d'$$

$$-\frac{1}{4}\sum(-1)^{d'}d'\left(\frac{d'}{5}\right) + \frac{1}{2}\sum(-1)^{d_1}\left[1-\left(\frac{d_1+d}{5}\right)^2\right](d_1-d),$$

$$\sum_{\substack{x\equiv0\\(\mathrm{mod}\,5)}} F_1(N-x^2) = -\frac{1}{16}\sum d' - \frac{1}{16}\sum(-1)^{d'}d'$$

$$-\frac{1}{4}\sum(-1)^{d'}d'\left(\frac{d'}{5}\right) + \frac{1}{2}\sum(-1)^{d_1}\left[1-\left(\frac{d_1+d}{5}\right)^2\right](d_1-d),$$

$$\sum_{\substack{x\equiv\pm2\\(\mathrm{mod}\,5)}} F(N-x^2) + 5\sum_{\substack{x\equiv\pm2\\(\mathrm{mod}\,5)}} F\left(\frac{N-x^2}{25}\right)$$

$$= \frac{3}{8}\sum d' - \frac{5}{8}\sum(-1)^{d'}d' + \frac{1}{2}\sum(-1)^{d'}d'\left(\frac{d'}{5}\right) + \sum(-1)^{d_1}\left(\frac{d_1+d}{5}\right)^2(d_1-d),$$

$$5\sum_{\substack{x\equiv\pm2\\(\mathrm{mod}\,10)}} F_1\left(\frac{N-x^2}{25}\right) = -\frac{1}{48}\sum d' - \frac{3}{16}\sum(-1)^{d'}d'$$

$$+ \frac{1}{4}\sum(-1)^{d'}d'\left(\frac{d'}{5}\right) + \frac{1}{2}\sum(-1)^{d_1}\left(\frac{d_1+d}{5}\right)^2(d_1-d),$$

4° Si $N \equiv -4 \pmod{10}$, on a les mêmes formules en permutant $\sum\limits_{x\equiv\pm1}$ et $\sum\limits_{x\equiv\pm2}$ et en remplaçant $\left(\frac{d'}{5}\right)$ par $-\left(\frac{d'}{5}\right)$.

$\left(\frac{\Delta}{5}\right)$ représente le symbole de Legendre, nul si Δ est multiple de 5 et $F(D)$ ou $F_1(D)$ est nul si D n'est pas entier.

Les formules précédentes contiennent celles que M. Gierster a déduites de la multiplication complexe des fonctions elliptiques ([1]).

AÉRONAUTIQUE. — *Le vol à la voile.* Note ([2]) de M. **Vasilesco Karpen**, présentée par M. G. Lippmann.

J'ai montré antérieurement ([3]) comment les oiseaux voiliers pouvaient voler sans travail par vent variable dans le temps. Ces oiseaux peuvent aussi voler à la voile par *vent horizontal constant par rapport au temps, mais variable d'un point à l'autre de l'espace.*

Dans ce cas on pourra encore appeler accélération totale du vent le vecteur

$$v' = \left(\frac{dv}{dt}\right),$$

$[dv]$ étant la variation géométrique du vent entre les positions occupées par l'oiseau au commencement et à la fin du temps dt; de sorte que c'est l'oiseau lui-même qui, par le choix de la trajectoire, crée, pour ainsi dire, l'accélération du vent nécessaire au vol.

L'accélération ainsi définie joue, au point de vue du vol à la voile, le même rôle que l'accélération vraie du vent; il suffit de l'introduire dans les formules déjà établies pour étudier les différents cas qui peuvent se présenter, mais les conclusions concernant la meilleure vitesse relative β et le meilleur angle γ que doit faire β avec v', ainsi qu'en ce qui concerne la vitesse verticale $\frac{dh}{dt}$, seront différentes de ce qu'elles étaient dans le cas du vent variable dans le temps car, cette fois-ci v', agent du vol à la voile, ne dépend plus de t mais précisément de β, γ et $\frac{dh}{dt}$.

Je me bornerai à donner les résultats du calcul dans les deux cas suivants :

a. Vol par vent dont la vitesse, ayant partout la même direction, est constante dans un plan vertical parallèle au vent et varie uniformément

([1]) *Mathematische Annalen*, t. XVII, 1880, p. 71.

([2]) Présentée dans la séance du 12 mai 1913.

([3]) *Comptes rendus* du 20 janvier et du 10 mars 1913.

de v'_1 m : s par mètre de distance mesurée suivant une horizontale normale au vent.

L'oiseau dirigera sa vitesse relative β de façon à faire constamment, en projection horizontale, un même angle γ avec v ; il volera contre le vent, s'il se dirige du côté où le vent augmente et suivant le vent, dans le cas contraire.

On a $v' = \beta v'_1 \sin\gamma$, et le calcul montre que la plus petite valeur de v'_1 permettant le vol à la voile est

$$(v'_1)_{\text{min.}} = \frac{0,025}{\sqrt[6]{P}} \text{ m : s} \qquad (25^{\text{mm}} \text{ par seconde pour } P = 1),$$

elle correspond à $\gamma = \frac{\pi}{4}$ et à $\beta = 26\sqrt[6]{P}$ m : s.

b. Vol par vent dont la vitesse, constante dans un même plan horizontal, varie en grandeur et direction suivant une verticale.

Soit v'_2 m : s le vecteur représentant en grandeur et direction la variation géométrique du vent par mètre de hauteur.

On a

$$v' = v'_2 \frac{dh}{dt}.$$

Les vitesses β et $\frac{dh}{dt}$ étant choisies, la projection horizontale de la trajectoire relative optimum se détermine, comme dans le cas de l'accélération vraie du vent, en prenant $\gamma = 0$.

Le calcul montre que le minimum de v'_2, permettant le vol à la voile, est d'environ $\frac{0,3}{\sqrt[6]{P}}$ m : s, mais il correspond à de trop grandes vitesses β et $\frac{dh}{dt}$. Pour $\beta = 30\, P^{\frac{1}{6}}$ m : s et

$$\frac{dh}{dt} = 6 P^{\frac{1}{6}} \text{ m : s},$$

l'on a

$$v'_2 = \frac{0,4}{\sqrt[6]{P}} \text{ m : s}.$$

Par exemple, deux couches d'air superposées, animées de vitesses parallèles, mais différant l'une de l'autre de 8 m : s, et séparées par une couche de 20^{m} de hauteur dans laquelle se produit le changement de vitesse, permettraient à un oiseau pesant 1^{kg} de passer indéfiniment d'une couche à l'autre. La montée se ferait en 3,3 secondes, tandis que la durée de la descente pourrait atteindre 5 minutes.

J'ai eu l'occasion de voir pratiquer ce genre de vol par une hirondelle qui profitait de couches d'air de vitesses différentes, dues à l'obstacle opposé au vent par une grande bâtisse.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Complément à deux Notes récentes sur le mouvement des milieux visqueux indéfinis.* Note de M. **Louis Roy**, présentée par M. Boussinesq.

Dans l'étude récente (¹) que nous avons faite de l'équation fondamentale du mouvement des milieux visqueux

$$A\frac{\partial^3\varphi}{\partial x^2\,\partial t}+a^2\frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2}-\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2}=0, \tag{1}$$

nous avons imposé une restriction à l'une des fonctions d'état initial, en les supposant de la forme

$$(\varphi)_{t=0}=\frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_{-\infty}^{\infty}f(x+\alpha\sqrt{\eta})\,e^{-\alpha^2}\,d\alpha,\qquad \left(\frac{\partial\varphi}{\partial t}\right)_{t=0}=\frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_{-\infty}^{\infty}g(x+\alpha\sqrt{\eta'})\,e^{-\alpha^2}\,d\alpha$$
$$(\eta>0,\ \eta'\geqq 0).$$

Nous nous proposons aujourd'hui de nous affranchir de cette restriction et d'étudier les propriétés analytiques essentielles de l'intégrale correspondante.

Afin de simplifier l'écriture, nous supposerons les unités choisies de telle sorte que $A=2$ et que $a=1$; la fonction $\varphi(x,t)$ sera alors entièrement déterminée par les équations

$$(2)\quad \begin{cases} 2\dfrac{\partial^3\varphi}{\partial x^2\,\partial t}+\dfrac{\partial^2\varphi}{\partial x^2}-\dfrac{\partial^2\varphi}{\partial t^2}=0;\\ \text{pour } t=0,\\ \varphi=f(x),\qquad \dfrac{\partial\varphi}{\partial t}=g(x);\\ \text{pour } \omega=\pm\infty,\\ \qquad\varphi=0. \end{cases}$$

L'intégrale des équations (2) s'obtient comme celle de notre Note du 21 avril 1913; si l'on pose

$$F(\alpha)=\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty}f(\xi)\,e^{-i\alpha\xi}\,d\xi,\qquad G(\alpha)=\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty}g(\xi)\,e^{-i\alpha\xi}\,d\xi\qquad (i=\sqrt{-1}),$$

(¹) *Comptes rendus*, t. 156, 21 avril 1913, p. 1221, et 28 avril 1913, p. 1309.

on trouve, par l'emploi de l'intégrale de Fourier,

$$(3)\quad \varphi(x,t)=\int_{-\infty}^{\infty}\left[F(\alpha)\left(\alpha\frac{\operatorname{sh}\alpha t\sqrt{\alpha^2-1}}{\sqrt{\alpha^2-1}}+\operatorname{ch}\alpha t\sqrt{\alpha^2-1}\right)+G(\alpha)\frac{\operatorname{sh}\alpha t\sqrt{\alpha^2-1}}{\alpha\sqrt{\alpha^2-1}}\right]e^{-t\alpha^2+ix\alpha}\,d\alpha.$$

Pour que cette intégrale ait un sens, il suffit que la fonction $F(\alpha)$ soit de l'ordre de $\frac{1}{\alpha^2}$ pour $|\alpha|$ très grand et que la fonction $G(\alpha)$ reste finie; pour qu'il en soit ainsi et aussi pour que l'intégrale (3) s'annule à l'infini, on reconnaît qu'il suffit que les fonctions d'état initial satisfassent aux conditions suivantes :

1° Les fonctions $f(x)$, $g(x)$, nécessairement finies, satisfont aux conditions de Dirichlet et sont telles que les produits $xf(x)$, $xg(x)$ tendent vers zéro quand $|x|$ augmente indéfiniment;

2° A partir d'une valeur suffisamment grande, mais finie de $|x|$, les fonctions $f(x)$, $g(x)$ varient toujours dans le même sens et la seconde ne présente plus de discontinuités;

3° La fonction $f(x)$, nécessairement continue, puisqu'elle représente le déplacement en chaque point d'un milieu continu, admet une dérivée $f'(x)$ satisfaisant aux mêmes conditions que la fonction $g(x)$.

Si maintenant on s'appuie sur deux théorèmes connus de la théorie des fonctions ([1]), on peut démontrer les propositions suivantes :

I. L'intégrale $\varphi(x, t)$, définie par l'égalité (3) et où la variable t est regardée comme une variable complexe, la variable x ayant une valeur réelle quelconque, est une fonction holomorphe de t en tout point du plan situé à droite de l'axe imaginaire; l'intégrale $\varphi(x, t)$ cesse d'être holomorphe sur cet axe, mais elle reste continue par rapport à t ainsi que sa dérivée $\frac{d\varphi}{dt}$.

II. L'intégrale $\varphi(x, t)$, définie par l'égalité (3) et où la variable t a une valeur quelconque située à droite de l'axe imaginaire, est une fonction continue de la variable réelle x; si les fonctions d'état initial $f(x)$, $g(x)$ sont formées par une succession d'arcs analytiques, l'intégrale $\varphi(x, t)$ est

([1]) H. Poincaré, *Théorie analytique de la propagation de la chaleur*, Chap. VII, p. 118 et 123.

une fonction analytique de la variable réelle x pour toutes les valeurs de x, sauf pour celles où les fonctions $f(x)$, $g(x)$ cessent elles-mêmes d'être analytiques.

Par la propriété I, l'équation (1) se rapproche de l'équation de la chaleur

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2}, \tag{4}$$

dont l'intégrale jouit, comme on sait, de la même propriété, mais elle s'en distingue essentiellement par la propriété II. Lorsqu'on attribue à t une valeur quelconque située à droite de l'axe imaginaire, on sait en effet que l'intégrale de l'équation (4) est une fonction de x holomorphe dans tout le plan, quelle que soit la nature de la fonction d'état initial, même, par conséquent, si celle-ci n'est analytique en aucun point. Par la propriété II, l'équation (1) se rapproche plutôt de l'équation des cordes vibrantes

$$a^2 \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} = 0, \tag{5}$$

ou de l'équation des télégraphistes; mais il y a encore ici une différence capitale. Si l'une des fonctions d'état initial cesse d'être analytique en un point $x = x_0$, nous savons que l'intégrale (3) cessera elle-même d'être analytique au point $x = x_0$, quel que soit t; au contraire, l'intégrale de l'équation (5) cessera d'être analytique aux deux points $x = x_0 \pm at$. Ainsi, les points de discontinuité de l'intégrale de (1) restent stationnaires, tandis que ceux de l'intégrale de (5) se propagent en sens inverse avec une vitesse constante.

Ces conclusions sont entièrement d'acord avec celles que M. Duhem [1] a déduites de la méthode d'Hugoniot.

PHYSIQUE. — *Sur un régulateur de température.*

Note [2] de M. **Ernest Esclangon**, présentée par M. G. Lippmann.

Dans une Note antérieure [3], j'ai montré que les régulateurs à équilibre indifférent sous le régime normal et instable par rapport aux écarts infini-

[1] P. Duhem, *Recherches sur l'élasticité* (*Annales de l'École Normale supérieure*, 3e série, t. XXI, 1904, p. 388).

[2] Présentée dans la séance du 13 mai 1913.

[3] *Comptes rendus*, 19 février 1912.

ment petits à ce régime, présentaient, outre l'avantage d'une sensibilité théoriquement infinie, celui de n'être pas influencés par les variations des éléments secondaires qui interviennent dans le phénomène à régler (par exemple, dans la régulation thermique : pression du gaz chauffant, température extérieure, rayonnement, etc.).

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie un nouveau régulateur thermique, simple, basé sur ce principe, dont le fonctionnement est d'une très grande précision en même temps que d'une très grande régularité.

Il se compose d'un tube *circulaire* ACB (*fig.* 1) fermé en A, ouvert en B, tour-

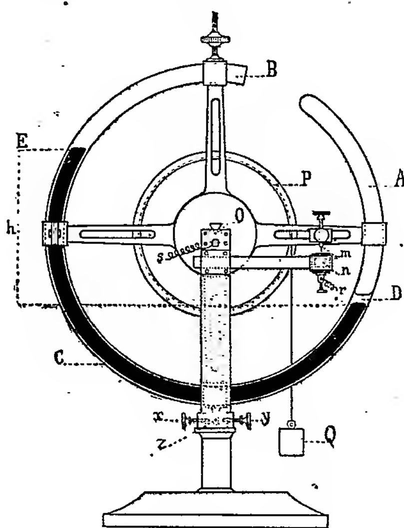


Fig. 1.

nant autour de son centre O. Il contient en A une *vapeur saturante* avec un petit excès de liquide D, la portion DCE étant occupée par du mercure. Le centre de gravité de l'appareil (abstraction faite du mercure) est sur l'axe de rotation O; en P est une poulie à laquelle est suspendu un poids Q [1]. Il est facile de voir que si l'équilibre existe sous une température θ, *il est indifférent;* il n'est pas détruit par une rotation de l'appareil autour du point O. Au contraire tout écart de température, *aussi petit soit-il*, fera basculer entièrement l'appareil, dont on limite toutefois pratiquement les mouvements par les arrêts x, y. Il suffit alors de relier ses mouvements à l'appareil chauffant (ou refroidisseur), dans un sens convenable, pour réaliser la régulation.

---

(1) Pratiquement, en raison des faibles mouvements permis à l'appareil, la construction est un peu différente.

En vertu de l'équilibre indifférent, la puissance de l'appareil chauffant commandée par le régulateur est donc *indéterminée* sous la température θ; il en résulte pratiquement, que *cette puissance s'harmonise à chaque instant avec les autres variables* dont dépend le phénomène (pression du gaz, température extérieure, etc.), pour produire exactement la température θ. En modifiant le poids Q, on fait varier la température de régime θ.

Pour plus de simplicité pratique, nous avons substitué une liaison électrique discontinue à une liaison continue avec l'appareil chauffant.

La figure 2 montre la régulation obtenue, dans l'air et pendant une semaine, avec

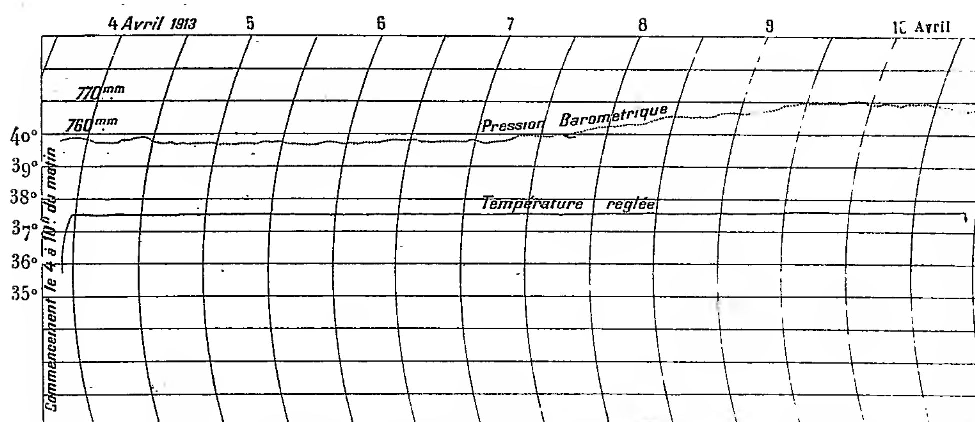


Fig. 2. — Régulation thermique obtenue avec l'appareil représenté figure 1 (chauffage électrique).

cet appareil, comparativement avec celle que donne, *dans la même étuve* (*fig.* 3) *avec le même mode de chauffage*, un régulateur bimétallique à dilatation.

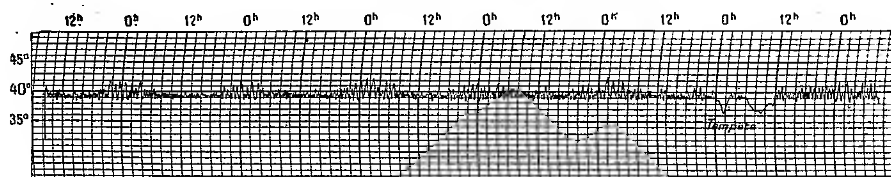


Fig. 3.

Théoriquement la température de régime θ dépend légèrement de la pression barométrique, si l'appareil est entièrement abandonné à lui-même ([1]); mais d'une part

([1]) Pour le rendre indépendant de la pression barométrique, il faudrait fermer le tube en B et substituer le vide, ou une autre vapeur saturante, à la pression atmosphérique, ou enfin adopter un mode quelconque de compensation, ce qui compliquerait la construction ou augmenterait les dimensions de l'appareil.

cette dépendance est presque négligeable, comme le montre la figure 2 ; d'autre part rien n'est plus facile que d'en corriger l'effet au moyen du poids Q, si l'on désire une précision extrême.

Ce modèle de régulateur présente, outre sa grande précision et sa simplicité, l'avantage de n'être délicat, ni dans sa construction, ni dans son fonctionnement. Le contact électrique en m et n se produisant par une plongée très franche et très profonde, dans le mercure, d'une tige de platine ne nécessite aucune surveillance spéciale. C'est ainsi que la courbe de la figure 2 a été obtenue avec un chauffage électrique (1), un courant à 110 volts passant aux bornes m, n, sans que les étincelles troublent d'une manière sensible le fonctionnement de l'appareil.

Les dimensions de l'appareil pourront être petites (par exemple 10^{cm} de diamètre) si la température à régler est voisine de la température d'ébullition du liquide dont la vapeur saturante est utilisée en A. C'est ainsi que l'éther convient pour les réglages entre 35° et 40° (étuves de bactériologie); l'acétone au voisinage de 55° (étuves à inclusion); l'eau au voisinage de 100°; le chlorure d'éthyle au voisinage de 15°, etc.

PHYSIQUE. — *Sur le glissement des liquides à la paroi.* Note de M. **R. Détrait**, présentée par M. Lippmann.

Les expérriences de Poiseuille sur l'écoulement de l'eau dans les tubes capillaires ont montré que lorsqu'un liquide mouille le tube, il n'y a aucun glissement de la couche de liquide au contact immédiat de la paroi. Depuis Coulomb, l'existence d'un glissement lorsque la paroi n'est pas mouillée a été souvent cherchée.

Plusieurs expérimentateurs, dont récemment M. Bénard (2), en étudiant l'écoulement du mercure dans des tubes de verre, ont montré que s'il existe un glissement à la paroi, celui-ci ne peut être constaté que par des mesures directes; le diamètre des tubes capillaires n'est pas mesurable avec une précision suffisante.

(1) Avec le chauffage à gaz, il suffit d'utiliser un clapet, actionné par le courant qui s'établit en m et n; avec un électro-aimant de grande résistance, ce courant peut être emprunté directement aux distributions ordinaires à haut voltage sans dépense appréciable, et sans qu'on ait à s'inquiéter des étincelles.

(2) Brillouin, *Leçons sur la viscosité des liquides et des gaz*, 1907.

Afin d'éviter cette dernière mesure, sur les conseils de M. Gutton, j'ai comparé les écoulements de deux liquides dans des tubes de verre et de soufre; l'un des liquides, l'essence de pétrole ou l'alcool, mouille à la fois le verre et le soufre; l'autre liquide, l'eau, ne mouille pas le soufre.

J'ai obtenu des tubes capillaires en soufre en coulant le soufre dans un tube de verre suivant l'axe duquel était tendu un fil de verre. Au bout de 15 jours environ, il est possible de retirer le fil de verre et d'obtenir des tubes atteignant 2^{cm} à 4^{cm} de longueur. La paroi du conduit capillaire est parfaitement polie et n'est pas mouillée par l'eau. Bien qu'après un long séjour du soufre dans l'essence de pétrole on puisse constater une légère dissolution, celle-ci est très faible et n'intervient pas dans les expériences. J'ai constaté, en effet, sur les tubes qui ont servi, que la durée de l'écoulement de l'eau n'était en rien modifiée après plusieurs expériences d'écoulement d'essence de pétrole. La dissolution du soufre par l'alcool n'a pu être constatée.

En appelant P la pression d'écoulement suivant le régime de Poiseuille, d'un volume V de liquide pendant le temps T, au travers d'un tube cylindrique de rayon R et de longueur L, le coefficient de viscosité du liquide, lorsque celui-ci adhère complètement à la paroi, est donné par la relation

$$\eta = \frac{\pi R^4}{8LV} PT.$$

En faisant écouler successivement dans un tube de verre de l'eau et de l'essence de pétrole, le rapport des produits des durées d'écoulement par les pressions est égal au rapport des coefficients de viscosité des deux liquides.

$$\frac{\eta}{\eta'} = \frac{PT}{P'T'}.$$

Les mêmes expériences, reprises dans un tube de soufre, donneraient encore le rapport $\frac{\eta}{\eta'}$ si l'eau qui ne mouille pas le soufre était immobile à la paroi. Si, au contraire, la vitesse le long de la paroi n'est pas nulle, le rapport des produits de la pression par les durées de l'écoulement n'est plus égal au rapport des viscosités.

Comme les viscosités dépendent, dans de larges limites, de la température et que les quatre expériences ne sont comparables que pour une température déterminée, j'ai étudié et représenté par des courbes représentant les variations des produits PT avec la température. S'il n'y a pas de glissement à la paroi ces courbes sont confondues; or l'expérience me les donne distinctes.

Il a été vérifié que si l'on compare les résultats fournis par l'essence de

pétrole et l'alcool, qui tous deux mouillent le verre et le soufre, les courbes obtenues sont confondues. On peut donc conclure à l'existence d'un glissement de l'eau contre une paroi de soufre.

Le dispositif expérimental est analogue à celui de Poiseuille.

L'ampoule d'où s'écoule le liquide et le tube capillaire plongent dans un récipient en verre rempli du liquide en expérience. Le remplissage se fait par aspiration directe du liquide au travers du tube capillaire. Les durées des écoulements sont mesurées au $\frac{1}{5}$ de seconde par un chronomètre. Un manomètre à eau donne la pression d'écoulement qui a été corrigée de la pression des colonnes d'air dues aux différences des niveaux. La correction capillaire a été faite selon la méthode de M. Bénard (¹), et la correction de force vive selon le procédé de M. Couette (²). Cette dernière correction exige la connaissance du volume V de l'ampoule, mesuré par des pesées d'eau, et du rayon R des tubes; ce rayon est obtenu avec une précision suffisante au moyen d'une machine à diviser.

Quoique non rigoureusement certaines, les corrections effectuées sont tellement faibles que l'incertitude qui en résulte ne peut expliquer l'écart qui permet de conclure à l'existence d'un glissement à la paroi.

Je me suis servi de deux tubes de verre de dimensions différentes; ils ont donné le même rapport de viscosité des liquides. Des expériences relatives aux écoulements d'eau et d'essence de pétrole ont été faites avec quatre tubes de soufre, de diamètre et de longueur différents, enfin des comparaisons relatives à la fois à l'eau, à l'essence de pétrole et à l'alcool ont porté sur trois nouveaux tubes de soufre.

Ces expériences ont montré que lors des écoulements d'eau et d'essence de pétrole ou d'alcool, les valeurs obtenues pour les rapports $\frac{PT}{P'T'}$ étaient différentes, et qu'au contraire, lorsque les liquides mouillent la paroi, ce qui est le cas de l'essence de pétrole et de l'alcool, elles sont sensiblement égales.

Voilà à titre d'exemple les résultats obtenus avec un tube de verre et un tube de soufre pour la température de 17°C. Les pressions d'écoulement étaient pour les diverses expériences comprises entre 50^{cm} et 80^{cm} d'eau.

(¹) BRILLOUIN, *Leçons sur la viscosité des liquides et des gaz*, 1re Partie, p. 154.

(²) COUETTE, *Thèse de Physique*, 1890.

	Rapports des produits des pressions par les temps d'écoulement $= \frac{PT}{P'T'}$.		
	Eau-essence de pétrole.	Alcool-eau.	Alcool-essence de pétrole.
Tube de verre : Rayon : $0^{cm},013$; Longueur : $3^{cm},3$ env.	1,9592	1,1534	2,2598
Tube de soufre : Rayon : $0^{cm},0009$; Longueur : $2^{cm},3$ env.	1,8724	1,2017	2,2507

Lorsqu'un liquide ne mouille pas la paroi du tube de rayon R et glisse le long de celle-ci, l'écoulement se fait comme si le tube avait un rayon plus grand, soit $R + \varepsilon$. La formule de Poiseuille permet de déduire ε. En particulier, du Tableau précédent on tire :

Cas eau-essence de pétrole........ $\left(\frac{R+\varepsilon}{R}\right)^4 = \frac{1,9592}{1,8724} = 1,0461$

Cas eau-alcool.................. $\left(\frac{R+\varepsilon}{R}\right)^4 = \frac{1,2017}{1,1534} = 1,0419$

Pour l'essence de pétrole et l'alcool, le rapport correspondant

$$\frac{2,2598}{2,2507} = 1,0040$$

est sensiblement égal à l'unité. Des deux premiers rapports on tire pour ε une valeur moyenne qui est

$$\varepsilon = 0^{\mu},97.$$

L'existence d'un glissement de l'eau contre une paroi de soufre que les expériences précédentes permettent de constater donne la raison de la grande force électromotrice de filtration de l'eau dans le soufre.

PHOTOGRAPHIE. — *Sur la reconstitution, par cliché photographique, de certains détails invisibles des tableaux anciens.* Note de M. **H. Parenty**, présentée par M. Lippmann.

Ainsi que M. E. Wauters l'a récemment obtenu pour les retouches à la sépia de plusieurs dessins de Raphaël, j'ai réussi à faire paraître sur un cliché photographique certains détails invisibles à l'œil nu des tableaux anciens. En éclairant de diverses façons une *Décollation de Saint Jean-*

Baptiste attribuée à Rubens, j'ai révélé la signature du maître *Rubês* dont les deux premières lettres apparaissent nettement dans tous les clichés, dont les trois dernières moins visibles peuvent être reconstituées par la comparaison de l'ensemble des clichés. Un estampage sur papier mince permet de constater après coup que le phénomène doit être ici attribué à un relief de la toile.

PHYSIQUE. — *Sur la théorie cinétique du paramagnétisme des cristaux.* Note (1) de M. **Pierre Weiss**, présentée par M. J. Violle.

I. Je suppose que les molécules soient disposées suivant les nœuds d'un réseau et soumises quant à leur orientation à l'agitation thermique. A chaque orientation d'un aimant moléculaire correspond aussi une énergie potentielle W. La distribution de ces aimants sera représentée par les points que les pôles nord occupent sur une sphère, les pôles sud étant au centre. En l'absence d'un champ magnétique, la substance est à l'état neutre ; le centre de gravité des pôles nord coïncide donc avec le centre de la sphère.

J'applique au cristal ainsi schématisé un raisonnement analogue à celui qui a conduit Langevin à la théorie du paramagnétisme des gaz.

Soient :

N le nombre de molécules dans la molécule-gramme,

r la constante de l'équation des gaz, rapportée à 1 molécule,

c une constante,

on a pour le nombre de molécules contenues dans l'angle solide $d\omega$

$$dN = ce^{-\frac{W}{rT}}\,d\omega. \tag{1}$$

Un champ magnétique H, faisant un angle α avec le moment moléculaire μ augmente l'énergie potentielle de $-H\mu\cos\alpha$. Le nombre des aimants contenus dans l'angle solide $d\omega$ devient

$$dN = ce^{-\frac{W-H\mu\cos\alpha}{rT}}\,d\omega \tag{1'}$$

et leur moment magnétique

$$d\sigma_m = c\mu e^{-\frac{W-H\mu\cos\alpha}{rT}}\cos\alpha\,d\omega,$$

et par conséquent l'aimantation moléculaire

$$\sigma_m = c\mu\int e^{-\frac{W-H\mu\cos\alpha}{rT}}\cos\alpha\,d\omega.$$

(1) Présentée dans la séance du 26 mai 1913.

Si l'aimantation est proportionnelle au champ, on peut, pour la détermination du coefficient d'aimantation, prendre H aussi petit qu'on veut, donc

$$\sigma_m = c\mu \int e^{-\frac{W}{rT}} \left(1 + \frac{H\mu \cos\alpha}{rT}\right) \cos\alpha \, d\omega.$$

A cause de la condition de neutralité, $\sigma_m = 0$ quand $H = 0$, et

$$(2) \qquad \sigma_m = \frac{c\mu^2 H}{rT} \int e^{-\frac{W}{rT}} \cos^2\alpha \, d\omega.$$

En remarquant que (1') redevient (1) quand H est infiniment petit et en divisant (2) par (1),

$$\sigma_m = \frac{N\mu^2 H}{rT} \frac{\int e^{-\frac{W}{rT}} \cos^2\alpha \, d\omega}{\int e^{-\frac{W}{rT}} d\omega}.$$

En posant $N\mu = \sigma_{m_0}$, saturation moléculaire absolue, $Nr = R$, constante de l'équation des gaz pour la molécule-gramme, il vient

$$(3) \qquad \sigma_m = \frac{\sigma_{m_0}^2 H}{RT} \frac{\int e^{-\frac{W}{rT}} \cos^2\alpha \, d\omega}{\int e^{-\frac{W}{rT}} d\omega},$$

expression qui montre qu'en général le coefficient d'aimantation n'est pas inversement proportionnel à la température absolue, mais une fonction plus compliquée de celle-ci. Si l'on suppose W constant, on retombe sur les formules

$$(4) \qquad \sigma_m = \frac{\sigma_{m_0}^2}{3RT} H, \qquad \chi_m = \frac{\sigma_{m_0}^2}{3RT}, \qquad C_m = \frac{\sigma_{m_0}^2}{3R}$$

(χ_m coefficient d'aimantation, C_m constante de Curie moléculaires), applicables aux gaz, aux solutions, aux corps amorphes.

On déduit immédiatement de (3) que, dans le cas général, la moyenne des coefficients d'aimantation observés dans trois directions rectangulaires obéit à loi de Curie, avec un coefficient d'aimantation et une constante de Curie donnés par les formules (4).

Quand on mesure le coefficient d'aimantation d'une substance pulvérisée, isotrope par compensation, cela revient à prendre la moyenne pour un grand nombre de systèmes de trois directions rectangulaires. Le coefficient moyen obéit donc à la loi de Curie et la constante de Curie est la même que si la rotation des molécules était devenue aussi libre que dans un gaz parfait. Ainsi se trouve justifié, pour les corps répondant au schéma

ci-dessus, l'usage que j'ai fait antérieurement des coefficients d'aimantation pour la détermination des moments moléculaires.

Revenant à la formule (3), on peut remarquer que, puisque $e^{-\frac{W}{rT}}$ est la densité en direction des aimants moléculaires, le facteur

$$\frac{\int e^{-\frac{W}{rT}} \cos^2\alpha \, d\omega}{\int e^{-\frac{W}{rT}} d\omega}$$

est la valeur moyenne de $\cos^2\alpha$ pour toutes les molécules. Une substance obéira ou n'obéira pas à la loi de Curie suivant que cette moyenne sera constante ou non. Si les aimants élémentaires sont rassemblés en un faisceau étroit de direction pratiquement indépendante de la température (ce qui aura lieu si W a un minimum très accentué), $\cos^2\alpha$ restera constant. La substance suivra la loi de Curie avec une constante de Curie dépendant en général de la direction. Il en sera encore de même si les aimants élémentaires sont répartis entre plusieurs faisceaux étroits sans communication entre eux. Ce cas sera, par exemple, réalisé dans un groupement cristallin où le cristal simple posséderait des aimants moléculaires dirigés suivant un faisceau étroit.

PHYSIQUE. — *Loi générale de la diffraction des rayons Röntgen par les cristaux.* Note de M. G. **Friedel**, présentée par M. E. Bouty.

G. Wulff a fait connaître récemment [1] une loi qui simplifie beaucoup l'interprétation des photogrammes de Friedrich et Knipping, de Broglie, etc. Le raisonnement de Wulff n'est pas rigoureux et fait intervenir une hypothèse inutile. Mais le résultat, ainsi que je me propose de le montrer, est absolument général et subsiste quel que soit le réseau et quelle que soit l'incidence. Aucune hypothèse n'est nécessaire, si ce n'est les suivantes :

1° Le rayon incident comprend un spectre continu de longueurs d'onde qui sont de l'ordre de grandeur des paramètres cristallins.

2° Chaque nœud du réseau émet un système d'ondes sphériques en concordance de phase avec le rayon incident.

(1) *Physikalische Zeitschrift*, t. XIV, 1913.

Remarquons que le réseau dont il est question ici n'est pas nécessairement le véritable réseau-période, défini par les trois translations fondamentales, mais peut aussi bien (et même plus probablement à première vue) être un de ses multiples, par exemple le réseau des centres des molécules.

Ces hypothèses admises, le résultat de Wulff s'en déduit aisément.

D'abord il est clair que, si l'on considère un système de plans réticulaires parallèles du cristal, la direction D, définie par la loi de la réflexion régulière du rayon incident I sur ce système de plans, est celle d'un rayon diffracté possible. Considérons en effet un de ces plans P, et dans ce plan des points quelconque O, O_1, O_2, ... (par exemple des nœuds).

La différence de marche est nulle entre les rayons IOD, IO_1D, etc. Considérons ensuite le plan réticulaire P', contigu du plan P, et, dans ce plan, des points quelconques (par exemple des nœuds) O', O'_1, O'_2, ... La différence de marche est nulle encore entre les rayons IO'D, IO'_1D, ... Quant à la différence de marche d entre les rayons IOD et IO'D, elle est égale au double de la projection de l'équidistance des plans PP' sur le rayon incident. Pour tous les autres plans réticulaires P^n du système, la différence de marche entre IOD et IO^nD sera un multiple entier de d. Par suite, la direction D est celle d'un rayon diffracté dont la longueur d'onde est d ou l'une de ses harmoniques. Il suffira que le rayon incident contienne l'une des longueurs d'onde d, $\frac{d}{2}$, $\frac{d}{3}$, ..., pour que la direction D fournisse un rayon diffracté comportant cette longueur d'onde.

En second lieu, je dis que cette règle donne tous les rayons diffractés possibles.

Soient, en effet, D un rayon diffracté; OA_1, OA_2, OA_3 les trois rangées conjuguées définissant le réseau et a_1, a_2, a_3 leurs paramètres; a_{1D}, a_{2D}, a_{3D} les projections de ces paramètres sur D; a_{1I}, a_{2I}, a_{3I} les projections des mêmes vecteurs sur I.

Pour que D puisse être un rayon diffracté, il faut que, si m, n, p sont les coordonnées numériques d'un nœud du réseau, on ait, quels que soient m, n, p,

$$m(a_{1I}+a_{1D})+n(a_{2I}+a_{2D})+p(a_{3I}+a_{3D}=K\lambda,$$

K étant entier.

En particulier, il faut que cette relation soit vérifiée pour les nœuds 100, 010, 001, c'est-à-dire qu'on ait

$$(1)\qquad \begin{cases} a_{1I}+a_{1D}=K_1\lambda, \\ a_{2I}+a_{2D}=K_2\lambda, \\ a_{3I}+a_{3D}=K_3\lambda. \end{cases}$$

Pour qu'il y ait un plan réticulaire par rapport auquel le rayon D suit la loi de la réflexion, il faut et il suffit qu'il existe un plan réticulaire pour lequel la différence de marche entre le rayon passant par un nœud quelconque du plan et le rayon passant par l'origine O, soit nulle. Il suffit d'ailleurs que cela ait lieu pour deux nœuds

du plan, soit $m'n'p'$, $m''n''p''$, c'est-à-dire qu'on ait

$$m'(a_{11}+a_{1D})+n'(a_{21}+a_{2D})+p'(a_{31}+a_{3D})=0,$$
$$m''(a_{11}+a_{1D})+n''(a_{21}+a_{2D})+p''(a_{31}+a_{3D})=0,$$

ou, en vertu des relations (1),

$$(2)\qquad m'K_1+n'K_2+p'K_3=0,$$
$$m''K_1+n''K_2+p''K_3=0.$$

L'équation du plan est alors

$$\frac{x}{a_1}(n'p''-p'n'')+\frac{y}{a_2}(p'm''-m'p'')+\frac{z}{a_3}(m'n''-n'm'')=0;$$

c'est-à-dire, en vertu des relations (2),

$$\frac{x}{a_1}K_1+\frac{y}{a_2}K_2+\frac{z}{a_3}K_3=0.$$

Ce plan réticulaire existe donc; c'est celui dont les caractéristiques sont $(K_1K_2K_3)$.

On peut donc poser en règle générale :

Chaque rayon diffracté suit la loi de la réflexion sur un des systèmes de plans réticulaires du cristal. Il comporte une longueur d'onde fondamentale et toutes ses harmoniques (pour autant que ces longueurs d'onde existent dans le rayon incident). *Et la longueur d'onde fondamentale est le double de la projection de l'équidistance des plans du système sur le rayon incident.*

On voit que les phénomènes de réflexion observés par de Broglie ne diffèrent pas du phénomène de Laue. Au surplus, la forme extérieure du fragment de cristal n'intervient en rien dans l'orientation des rayons diffractés.

La règle énoncée ci-dessus permet de transformer très rapidement les photogrammes en une projection stéréographique des pôles des plans réflecteurs, c'est-à-dire des plans réticulaires du cristal mis en évidence par la diffraction.

Dans le cas (seul utile à considérer en pratique) où le rayon incident est normal à la plaque photographique, la construction est des plus simples. Il suffit, en se servant par exemple du diagramme stéréographique de Wulff, de reporter sur ce diagramme les azimuts des taches de diffraction, puis de mesurer les distances de ces taches au centre de la tache centrale. Le rapport de cette distance à l'écartement du cristal et de la plaque photographique donne la tangente de l'angle que fait le rayon diffracté avec le rayon incident. La moitié de cet angle représente l'angle du plan réflecteur

avec le rayon incident, c'est-à-dire l'angle du pôle de ce plan avec le plan de la projection stéréographique. Il est donc aisé de reporter ce pôle sur le diagramme.

PHYSIQUE. — *Sur le mouvement des centres lumineux dans les décharges électriques.* Note de M. **A. Perot**, transmise par M. Villard.

Dans des Notes antérieures (¹), j'ai indiqué les résultats de la recherche des mouvements des centres lumineux dans les tubes à hydrogène excités par un courant continu; il était nécessaire, pour développer cette étude, de comparer les vitesses des centres dans des gaz différents. L'expérience a été réalisée avec l'hélium et l'hydrogène d'une part, le sodium et le lithium de l'autre.

Dans un même tube, contenant un mélange d'hélium et d'hydrogène, j'ai déterminé les vitesses de la raie D_3(5876 Å) de l'hélium, et de la raie C(6563 Å) de l'hydrogène; les vitesses mesurées ont été relativement faibles, 500^m par seconde au maximum, et j'ai vérifié que dans les mêmes conditions de pression et de courant la vitesse de l'hydrogène était la même, que de l'hélium fût en présence ou non. D'autre part j'ai, dans des expériences séparées, déterminé pour des conditions de pression et de courant identiques les vitesses de l'hélium et de l'hydrogène; la moyenne des résultats obtenus pour le rapport $\frac{v_C}{v_D}$ est 2,3.

Il faut remarquer que dans les conditions où je m'étais placé, c'est-à-dire assez loin du maximum de la courbe indiquée antérieurement (²), l'influence de la longueur d'onde est très faible, la vitesse mesurée étant très voisine de celle du centre immédiatement après le choc; le rapport des vitesses ne doit pas s'écarter beaucoup du rapport des masses des centres et lui être supérieur, la longueur d'onde de D_3 étant plus petite que celle de C. Expérimentalement, ce rapport 2,3 est très voisin du rapport 2 des poids moléculaires de l'hydrogène et de l'hélium qui sont, l'un diatomique, l'autre monoatomique.

La comparaison du sodium et du lithium n'a pu être faite dans un tube; j'ai dû utiliser la décharge de la machine à courant continu dans l'air atmosphérique sous forme d'une flamme d'environ 15^{mm} de longueur.

(¹) *Comptes rendus*, t. **156**, 13 janvier 1913, p. 132 et 27 janvier 1913, p. 310.

(²) *Comptes rendus*, t. **151**, 18 juillet 1910.

Les électrodes, en fer, étaient recouvertes de fils d'amiante imprégnés de solution de chlorures de sodium et de lithium. Dans ces conditions, on obtient des anneaux encore très beaux avec une différence de marche de 20^{mm}. Au lieu de renverser le courant comme dans les expériences précédentes, j'ai disposé un système de miroirs permettant d'envoyer sur l'étalon la lumière émise par la partie supérieure de la flamme, dans le sens du courant et en sens inverse.

L'expérience montre que les centres lumineux se meuvent comme dans les tubes à gaz, de la cathode vers l'anode; le courant serait comme dans les tubes propagé par des électrons négatifs; les vitesses se sont élevées à 400^{m} pour le lithium (raie rouge 6708 Å), dans la flamme produite par le courant de 66 milliampères, et le rapport de la vitesse donnée par la raie rouge du lithium à celle que donne la raie D_1 du sodium a été trouvé égal à 3,1, c'est-à-dire très voisin du rapport des poids moléculaires qui est 3,3.

Les mesures dans la flamme de la machine sont d'ailleurs plus délicates qu'avec les gaz renfermés dans des tubes, à cause de la mobilité de la flamme qu'on est obligé de protéger avec des écrans. Il peut d'ailleurs paraître surprenant de rencontrer, dans ce mode de décharge, des vitesses de l'ordre de celles qu'on trouve dans les tubes, à pression réduite; mais il faut remarquer que la densité du milieu où se propage le courant peut être très petite, quoique la pression soit élevée, étant donnée la température très haute de la flamme.

Du fait que, dans le cas où l'influence de la longueur d'onde est faible, les vitesses trouvées sont à peu près proportionnelles aux poids atomiques, on peut, semble-t-il, déduire que les vitesses communiquées aux centres lumineux sont, au début de leur mouvement, proportionnelles aux poids moléculaires des corps auxquels ils appartiennent et que la luminosité, réellement due aux centres matériels, prend naissance lors des rencontres des molécules et des électrons en mouvement; ces chocs dissociant probablement la molécule, en tous cas conférant aux centres la faculté de vibrer et, dans le cas actuel, d'émettre de la lumière.

Les tubes contenant une vapeur à poids moléculaire élevé, illuminée par une décharge, donnent des vitesses à peine mesurables; ainsi dans un tube à vapeur de cadmium du modèle de ceux de M. Michelson, pour un courant de 20 milliampères, la vitesse est certainement inférieure à 7^{m} à la seconde, c'est-à-dire que les variations de la longueur d'onde dues au phénomène étudié doivent être inférieures à une unité du dernier ordre décimal du nombre 6438,4696, longueur d'onde de la raie rouge du cadmium.

Cette conclusion est intéressante au point de vue métrologique : dans les mesures du mètre aucune variation avec l'intensité du courant n'est à craindre sur la longueur d'onde, si comme nous l'avons fait, MM. Benoît, Fabry et moi-même, le tube est alimenté par du courant alternatif; la courbe du courant étant symétrique, il ne peut se produire que des variations de finesse des anneaux; si l'alimentation est faite avec une bobine, par le fait de la dissymétrie de la décharge, on pourra avoir des longueurs d'onde très légèrement variables avec la valeur du courant et surtout avec le sens de celui-ci; mais ces écarts seront en général bien inférieurs aux erreurs expérimentales.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Défloculation de l'amidon et dissolution du glucose.* Note de M. **G. Malfitano** et Mlle **A. Moschkoff**, présentée par M. Roux.

Les formes pseudo-cristallines de l'amidon ([1]) nous intéressent au premier chef, parce qu'elles montrent en toute évidence que le mode de désagrégation de ce colloïde typique, la *défloculation*, diffère essentiellement de celui de *dissolution* qui caractérise les cristalloïdes.

Nous pouvons, en effet, choisir deux préparations, une de ces pseudo-cristaux et une de glucose cristallisé, qui sont, toutes les deux, constituées de particules également consistantes et transparentes, entourées de liquide limpide. Nous assisterons à la désagrégation de ces particules qui est visiblement différente. A la fin, les préparations nous paraîtront également homogènes. Ces systèmes, étant comparables au point de départ, se modifient différemment pour devenir de nouveau pareils. La différence du mode de changement, constatée dans ces conditions, a la valeur de distinction essentielle.

Chauffons légèrement au-dessus d'une flamme les deux préparations que nous venons d'examiner à l'ultramicroscope. Quand aucun changement n'est apparu à l'œil nu dans celle du glucose, déjà on ne voit plus les filaments soyeux et les globules brillants de l'amidon, sinon comme des taches bleuâtres. En regardant alors à l'ultramicroscope, nous verrons que seules les lignes lumineuses qui dessinent le contour des cristaux sont détériorées, les surfaces qu'elles délimitent restent sombres, si elles ne sont pas miroitantes. Ceci prouve que le glucose, attaqué par le liquide, reste homogène. Le changement est plus frappant pour les pseudo-cristaux; ceux-ci étaient, avant le chauffage,

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 156, p. 1412.

comme des baguettes ou des billes transparentes et lisses. Ce sont maintenant les mêmes objets dont la surface aurait été dépolie. En réalité on voit à présent la matière qui les constitue devenue granuleuse, tandis que le trait lumineux qui en dessinait le profil s'est effacé.

Chauffons davantage nos préparations. Nous verrons les cristaux en débris, entraînés par les remous du liquide, parfois s'entasser, mais ils n'ont aucune tendance à s'agglomérer; nous pourrons fixer chaque fragment et le voir disparaître simplement, parce que son contour se rétrécit jusqu'à s'annuler. Ceci est à noter : L'éclat lumineux de ce contonr ne se ternit jamais, l'image réduite à un point lumineux dans un champ sombre s'éteint tout à coup. Il en est bien autrement de l'amidon. Les globules et les filaments ont augmenté notablement de volume, leur structure granuleuse est plus apparente. Ce sont désormais des assemblages de points lumineux, ou plutôt de petites taches toutes pareilles de lumière diffuse. Entraînées par le mouvement du liquide, ces assemblages se déforment, se brisent et surtout s'agglomèrent en amas. Ceci est remarquable : ce n'est que par des impulsions venant de l'extérieur que les amas s'égrènent en points isolés, dont l'existence est d'ailleurs éphémère. En opérant avec soin, ces amas ne se disloquent pas, ils paraissent comme des taches dont la surface, d'abord régulièrement et finement accidentée, devient ensuite de plus en plus unie. Le contour de ces taches, avant visible, se confond maintenant dans le champ faiblement lumineux. Ce n'est pas cependant la luminosité du milieu qui couvre celle des amas. Car, lorsque nous avons mis peu de pseudo-cristaux dans la préparation, le brouillard est très faible, et vraiment nous voyons que les amas disparaissent par extinction graduelle de la lumière qu'ils diffractent d'une manière toujours plus uniforme et de moins en moins intense.

Enfin, chauffée encore plus, la préparation d'amidon devient aussi sombre que celle de glucose complètement liquide.

La différence entre les deux sortes de modifications est évidente. Le cristal ne fait que diminuer de volume, et l'on n'aperçoit rien des fragments qui doivent pourtant s'en détacher, seulement à la surface. C'est la *dissolution*. Le pseudo-cristal, au contraire, se désagrège entièrement et à la fois en granules perceptibles et uniformes, qui restent cohérents. Lorsque ces granules ou *micelles* sont très serrées comme dans le pseudo-cristal avant le chauffage, la matière est compacte, transparente et trés réfringente. Ces micelles s'étant écartées, la matière est devenue friable et opaque, son éclat lumineux s'est terni. Ensuite nous ne voyons plus individuellement les micelles, la lumière est diffusée d'une manière plus uniforme et moins intensément. C'est que les micelles ont dû subir le même sort que le pseudo-cristal tout entier. Elles aussi se sont désagrégées en granules, en micelles de deuxième grandeur. La matière ainsi raréfiée nous envoie moins de lumière par unité de surface. Le contour des images est effacé, parce que l'indice de réfraction de cette matière est voisin de celui du milieu. Enfin

le brouillard s'est dissipé. Il faut alors que les micelles de deuxième grandeur à leur tour se soient désagrégées. Mais alors les phénomènes ne sont plus saisissables à l'ultramicroscope, nous pourrons les suivre encore à l'ultrafiltration. Voilà en quoi consiste le processus de *défloculation*. Nous allons montrer la généralité de ces faits, et nous en justifierons mieux l'interprétation.

Le glucose en toutes ses formes se dissout comme les cristaux. Fondu ou massé il n'est attaqué que par la surface ; ce dernier cependant est un agglomérat de particules. Écrasons du glucose entre lame et lamelle d'une préparation microscopique, et tâchons que l'eau pénètre dans l'amas de débris. nous verrons aussitôt des espaces vides s'élargir entre ces débris. Rien de pareil ne se voit dans les particules d'amidon. Cherchons dans un vieil empois des flocons qui aient une forme irrégulière, l'on y voit des espaces entre les granules; en chauffant, les vides se comblent. et l'aspect du flocon devient de plus en plus homogène. Expérimentons avec des grains naturels; ils sont transparents et, attaqués par l'eau chaude, ils deviennent opaques, ils se gonflent démesurément, se crèvent, et il ne reste de visible que les enveloppes. Fixons celles-ci, en poussant le chauffage. Elles sont granuleuses puis elles deviennent homogènes et s'illuminent de moins en moins. Lorsqu'elles sont disparues, elles ne sont pas détruites, car, si nous abandonnons la préparation au froid, elles réapparaissent.

Voici deux faits qui confirment nos observations : Dans des empois tout à fait limpides se trouvent des particules si volumineuses, qu'elles sont retenues par les filtres en papier, cependant elles ne sont pas visibles à l'ultramicroscope, tant leur texture est fine. Si chaque micelle pouvait se dissoudre comme un cristal, cela ne serait pas possible. Voilà pourquoi on ne voit pas les micelles isolément. Nous allons cependant les rendre perceptibles. Chauffons les grains ou les pseudo-cristaux dans l'eau alcoolisée à 25°-50°. L'amidon se désagrège alors sans se gonfler, et l'on obtient des liquides dont le trouble est persistant. A l'ultramicroscope, c'est l'aspect des colloïdes d'argent, on y voit des points scintillants et vacillants. Ce sont les micelles isolées, et il nous semble bien d'en avoir aperçu de deux tailles distinctes.

Pour préciser les distinctions, nous représenterons le cristal par la formule nM et la dissolution par la soustraction $nM - M - M \ldots\ldots$ Tandis que la micelle doit être représentée par $n'''\{n''[n'(nM)]\}$ et la défloculation sera une division telle qu'on l'obtient en ouvrant successivement les parenthèses.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le 1-benzoyl-2-phényl-Δ_1-cyclopentène.* Note de M. **Édouard Bauer**, présentée par M. A. Haller.

Le 1-benzoyl-2-phényl-Δ_1-cyclopentène (formule I), qu'on peut facilement obtenir par cyclisation du 1.4-dibenzoylbutane au moyen de l'alcoolate [1] ou de l'amidure de sodium [2], présente quelque analogie de constitution avec la benzophénone; nous trouvons en effet dans ces deux molécules le même groupement $-C=C-CO-C^6H^5$.

Il nous a paru intéressant de voir si ce phénylbenzoylcyclopentène se comportait vis-à-vis de l'amidure de sodium comme la benzophénone qui, ainsi que nous l'avons montré [3], se dédouble sous l'influence de cet agent en benzamide et benzène.

En faisant bouillir une solution benzénique de 1-benzoyl-2-phényl-Δ_1-cyclopentène avec $1^{mol},5$ d'amidure de sodium finement pulvérisé, on ne remarque pas de dégagement d'ammoniac. Le liquide, qui prend rapidement une coloration rouge, laisse déposer, au bout d'une heure d'ébullition, un précipité rouge brique. En décomposant alors lentement le produit de la réaction par de l'eau, il se décolore, et le précipité entre en solution.

Dans les eaux alcalines on trouve de petites quantités d'acide benzoïque. D'autre part, la solution benzénique laisse déposer des petites aiguilles présentant un point de fusion peu net vers 105°-115°. En éliminant la majeure partie du benzène au bain-marie et en additionnant le résidu d'éther de pétrole, on obtient une nouvelle quantité de cristaux. Par une série de cristallisations dans l'éther bouillant on arrive à dédoubler le produit fondant primitivement à 105°-115°, en un composé fondant à 135°, peu soluble dans l'éther, et en benzamide fondant à 127°-128°.

La solution benzénique, séparée de ces deux produits cristallisés, a été ensuite distillée sous pression réduite. On obtient ainsi un liquide bouillant très régulièrement de 120°-121° sous 20^{mm} sans résidu appréciable, et qui, par refroidissement, s'est pris en une masse cristalline fondant à 23°.

Étude du produit fondant à 135°. — L'analyse assigne à ce produit la formule $C^{12}H^{13}ON$, correspondant à l'amide de l'acide 2-phényl-Δ_1-cyclo-

(1) Ed. Bauer, *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 288.

(2) Ed. Bauer, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1470.

(3) A. Haller et Ed. Bauer, *Comptes rendus*, t. 147, 1908, p. 824; *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. XVI, p. 145.

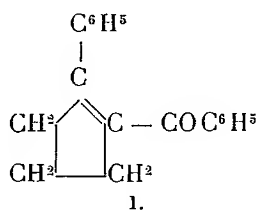
pentène-1-carbonique. Cette amide cristallise au sein de l'éther en belles aiguilles fondant à 135°-136°, insolubles dans l'éther de pétrole, peu solubles à froid dans l'éther, le benzène et l'alcool, plus solubles à chaud dans ces solvants. Par cristallisation dans de l'eau légèrement ammoniacale à l'ébullition, on obtient, par refroidissement, des paillettes nacrées ressemblant à de l'amide benzoïque.

L'amide phénylcyclopentène carbonique réduit rapidement une solution alcaline de permanganate de potasse et décolore instantanément une solution chloroformique de brome. Chauffée à reflux avec une solution hydroalcoolique de potasse à 40 pour 100, elle ne se saponifie qu'au bout d'environ 30 heures.

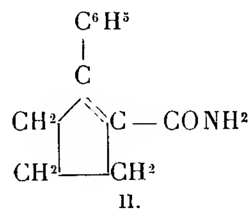
Le liquide alcalin, sursaturé par de l'acide sulfurique étendu, fournit un acide, soluble dans une solution de bicarbonate de soude, dans l'alcool et l'éther. Sa solution éthérée, évaporée lentement, laisse déposer de gros prismes fondant à 125° à côté de tables parallélépipédiques fondant à 157°. Ces deux acides, qu'on peut facilement séparer à la pince, sont isomères, répondent à la formule $C^{12}H^{12}O^2$, décolorent le brome et réduisent à froid le permanganate de potasse.

L'acide fondant à 157°, traité avec précaution par du chlorure de thionyle, vers 50° fournit un chlorure dont la solution éthérée donne avec de l'ammoniac sec une amide fondant à 135°, que nous avons identifiée avec l'amide de l'acide 2-phényl-Δ_1-cyclopentène-1-carbonique.

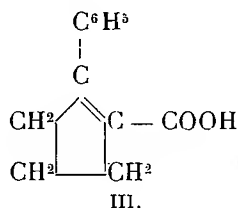
Oxydé par $KMnO^4$ en milieu alcalin, l'acide fondant à 157° nous a donné de l'acide γ-benzoylbutyrique fondant à 125°, ce qui assigne à ce composé la constitution de l'acide 2-phényl-Δ_1-cyclopentène-1-carbonique (formule III) et au corps fondant à 135° celle de l'amide corrrespondante (formule II).



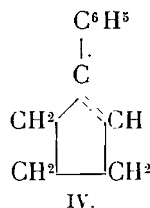
I.



II.



III.



IV.

L'acide fondant à 124°-125, traité dans les mêmes conditions que son isomère par du chlorure de thionyle et de l'ammoniac, nous a conduit à une amide fondant à 178°-179°, isomère de l'amide fondant à 135°, très peu soluble dans l'éther et cristallisant par refroidissement de sa solution dans de l'eau ammoniacale en fines aiguilles microscopiques. Dans l'oxydation permanganique de l'acide fondant à 124°-125° nous n'avons réussi à caractériser que de l'acide benzoïque et n'avons pas trouvé trace d'acide γ-benzoylbutyrique.

Le peu de matière que nous possédions ne nous a pas permis de pousser plus loin l'étude de ces produits d'oxydation. L'acide fondant à 124°-125° et son amide fondant à 178°-179° ne diffèrent de l'acide 2-phényl-Δ_1-cyclopentène-1-carbonique que par la position de la double liaison dans le noyau qui y occupe peut-être la position Δ_5.

Étude du produit fondant à 23°. — L'analyse lui assigne la formule $C^{11}H^{12}$. C'est un produit très volatil, à odeur assez pénétrante et doué d'une facilité de cristallisation remarquable. Il décolore le brome et réduit à froid une solution aqueuse de permanganate de potasse en donnant de l'acide γ-benzoylbutyrique, ce qui permet d'attribuer à ce carbure la constitution du 1-phényl-Δ_1-cyclopentène (formule IV). Ces constantes physiques à 25° sont les suivantes :

$d_4^{25} = 0,98617$; $n_\alpha = 1,56723$; $n_D = 1,57340$; $n_\beta = 1,59017$; d'où l'on calcule les réfractions moléculaires : $M_\alpha = 47,71$; $M_D = 48,14$; $M_\beta = 49,29$; $M_\beta - M_\alpha = 1,58$. Théorie pour $C^{11}H^{12}F^4$: $M_\alpha = 46,39$; $M_D = 46,73$; $M_\beta = 47,49$; $M_\beta - M_\alpha = 1,10$. L'exaltation que nous montrent ces résultats provient de la position de la double liaison qui est en conjugaison avec le groupe phénylique.

Le 1-phényl-Δ_1-cyclopentène donne un picrate $C^{11}H^{12}.C^6H^3O^7N^3$ présentant sur le bain de mercure un point de fusion instantané de 64°,5. Il cristallise facilement dans les solvants hydratés, tels que l'éther humide ou l'alcool, mais se dissocie dans les solvants anhydres tels que l'éther de pétrole, l'éther anhydre ou le benzène. Traité par de l'alcool absolu et du sodium, le 1-phényl-Δ_1-cyclopentène se réduit quantitativement en phénylcyclopropane (éb. 214°-215°) déjà obtenu par MM. Borsche et Menz [1].

En résumé, nous avons montré que l'amidure de sodium réagissait sur le 1-benzoyl-2-phényl-Δ_1-cyclopentène de la même façon que sur le benzophénone en le scindant partiellement en amide 2-phényl-Δ_1-cyclopentène-1-carbonique et benzène et en 1-phényl-Δ_1-cyclopentène et amide benzoïque.

---

(1) *Ber. d. C. Ges.*, t. XLI, p. 190.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude de la carpiline ou pilosine.* Note de MM. E. **Léger** et **Ferdinand Roques**, présentée par M. E. Jungfleisch.

En chauffant la carpiline, pendant 10 heures, en tubes scellés, à 140° avec de l'eau, nous avons constaté la formation de deux bases nouvelles : l'une très soluble dans l'eau froide, l'autre insoluble ou peu soluble; cette dernière se dépose, en partie, au fond des tubes refroidis, en solution dans l'aldéhyde benzoïque qui se forme simultanément ([1]).

Nous décrirons ailleurs la méthode employée pour séparer ces divers composés.

La base soluble dans l'eau fut transformée en azotate.

La faible solubilité de ce sel dans l'alcool, sa grande solubilité dans l'eau, son point de fusion, son pouvoir rotatoire, son analyse permettent de l'identifier avec l'azotate de pilosinine de Pyman ([2]).

Analyse. — NO^3H dosé volumétriquement, en présence de phénolphtaléine. Trouvé : 25,61. Calculé pour $C^9H^{12}N^2O^2, NO^3H$: 25,92.

Fusion : 165°,5-166°,5. Pyman indique 165°-167° (corrigé).

Pouvoir rotatoire : $\alpha D = +4°,3$; $p = 8,465$. Pyman indique, pour la même concentration, $\alpha D = +4°,3$.

Rappelons que, dans notre première Note, nous avons signalé un chloroplatinate cristallisé en lamelles, obtenu avec la base soluble dans l'eau. Les analyses montrent que ce sel est le chloroplatinate de pilosinine.

Analyse. — Trouvé : Pt = 25,07 ; 25,30 ; Cl = 27,12.
Calculé pour $(C^9H^{12}N^2O^2)^2PtCl^6H^2$: Pt = 24,12 ; Cl = 27,67.

La base insoluble dans l'eau froide nous a fourni un azotate cristallisable, dans l'alcool méthylique en grandes tables très solubles dans l'eau, peu solubles dans l'alcool froid. Cet azotate a été identifié avec l'azotate d'anhydro-pilosine de Pyman.

Analyse. — NO^3H dosé volumétriquement, en présence de phénolphtaléine. Trouvé : 19,30. Calculé pour $C^{16}H^{16}N^2O^2, NO^3H$: 19,04.

Fusion : 151°,7-153°,7. Pyman indique 153°-154° (corrigé).

Pouvoir rotatoire : $\alpha D = -17°,99$; $p = 3,517$. Pyman a trouvé pour la même concentration $\alpha D = -18°,1$.

([1]) *Comptes rendus*, t. 155, p. 1088.
([2]) *Chem. Society*, t. CI, p. 2260.

Des eaux mères alcooliques de cet azotate, nous avons pu isoler une nouvelle quantité d'anhydro-pilosine sous forme d'oxalate acide fusible à 153°,4, alors que Pyman indique, pour ce sel, 153°-154° (corrigé).

Les eaux mères alcooliques de cet oxalate renferment les oxalates de bases amorphes dont il sera question plus loin.

Si, dans l'expérience qu'on vient de relater, on remplace l'eau par une solution de potasse caustique au tiers environ, on obtient encore de la pilosinine, mais nous n'avons pu déceler la présence de l'anhydro-pilosine. En outre, la production d'aldéhyde benzoïque est extrêmement faible; ce composé est remplacé par un mélange d'acide benzoïque et d'alcool benzylique, engendrés dans une réaction secondaire, par l'action de KOH sur la benzaldéhyde primitivement formée.

La pilosinine a été caractérisée par son azotate fusible à 166°,4-167°,4, renfermant 26,55 pour 100 de NO^3H. Calculé 25,92.

Il résulte de ce qui précède que la potasse ne joue aucun rôle dans la transformation de la carpiline en pilosinine.

Il y a lieu également de remarquer que l'anhydro-pilosine qui se forme en présence de l'eau seule ne semble pas prendre naissance si l'on opère en milieu alcalin.

Dans le but d'étudier l'influence du temps sur la marche de la réaction, nous avons répété l'expérience avec l'eau seule, mais en limitant sa durée à 4 heures.

Nous avons pu isoler deux bases : l'une soluble dans l'eau, l'autre insoluble ainsi que de l'aldéhyde benzoïque en quantité telle qu'on peut admettre que plus de la moitié de la carpiline s'était transformée en pilosinine.

Ce qui fait l'originalité de cette réaction, c'est qu'elle donne naissance à un mélange de bases insolubles dans l'eau froide susceptible d'enlever à sa solution aqueuse une quantité importante de pilosinine, comme le ferait un dissolvant.

Le mélange des bases insolubles, transformé en azotates, nous a donné, en effet, non pas de l'azotate d'anhydropilosine, comme nous étions en droit de l'espérer, mais bien de l'azotate de pilosinine fusible à 165°-167°, ayant un pouvoir rotatoire $\alpha D = +3°,9$.

L'azotate d'anhydro-pilosine, formé en même temps, se trouvant en trop faible quantité, resta dans l'eau-mère. L'anhydro-pilosine put, cependant, être retirée de cette eau-mère à l'état d'oxalate acide fusible à 153°,5-155°,5 (corrigé).

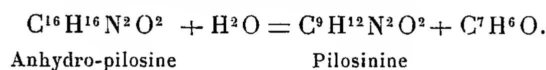
Enfin les eaux-mères alcooliques de l'oxalate acide d'anhydro-pilosine

renfermaient, à l'état d'oxalates, un mélange de bases amorphes qui furent réunies aux bases amorphes provenant de la première opération effectuée avec l'eau seule (voir plus haut).

Ces bases amorphes représentent des produits de transformation incomplète de la carpiline. En effet, chauffées de nouveau avec de l'eau, à 140°, pendant 18 heures, elles fournissent des quantités relativement importantes d'aldéhyde benzoïque, de pilosinine et d'anhydro-pilosine; ces trois composés étant, pour ainsi dire, les seuls qui se forment dans cette réaction.

Nous nous sommes demandé si l'anhydro-pilosine ne serait pas, elle aussi, un composé intermédiaire dont la production précéderait celle de la pilosinine.

Par fixation d'eau, l'anhydro-pilosine, qui renfermerait, selon Pyman, le groupe $C^6H^5 - CH =$, pourrait donner lieu à la production de pilosinine, avec départ de $C^6H^5 - COH$, selon l'équation



$$\underset{\text{Anhydro-pilosine}}{C^{16}H^{16}N^2O^2} + H^2O = \underset{\text{Pilosinine}}{C^9H^{12}N^2O^2} + C^7H^6O.$$

Or, qu'on chauffe, à 140°, l'anhydro-pilosine avec de l'eau seule ou additionnée de KOH, cette base reste inaltérée.

Le point de fusion de l'azotate de la base régénérée : 152°,5-153°,5, était celui de l'azotate d'anhydro-pilosine. Le pouvoir rotatoire de ce sel fut à peine modifié $\alpha D = 19°,2$ au lieu de $- 18°,1$.

M. Pyman suppose que la carpiline ou pilosine possède une constitution analogue à celle de la pilocarpine; que ce qui différencierait les deux alcaloïdes c'est que, dans la carpiline, le groupe $C^6H^5 - CHOH -$ remplacerait le groupe $C^2H^5 -$ de la pilocarpine. En conséquence, la carpiline ou pilosine renfermerait le groupe $C^6H^5 - CHOH - CH -$ qui, sous l'influence de la chaleur, se scinderait en $C^6H^5 - COH$ et CH^2. En même temps, par perte d'eau, le même groupe donnerait $C^6H^5 - CH = C -$ qui se retrouverait dans l'anhydro-pilosine.

Cependant, la facile déshydratation de la carpiline, dans notre réaction, sans l'intervention d'un déshydratant, permettrait plutôt de supposer l'existence, dans cet alcaloïde, d'un groupe COH. Sous ce rapport la carpiline se comporte, en effet, plutôt comme un alcool tertiaire que comme un alcool secondaire.

BOTANIQUE. — *Recherches sur la morphologie du bourgeon chez les Labiées à stolons souterrains.* Note de M. M. CHAILLOT, présentée par M. Gaston Bonnier.

Dans une Note précédente ([1]), j'ai exposé les premiers résultats de mes observations sur les Labiées à stolons souterrains. Poursuivant mes travaux sur ce groupe biologique, je me suis attaché à rechercher si les stolons provenaient du développement de bourgeons spéciaux et, généralisant la question, comment se comportaient les divers bourgeons de la plante lorsqu'ils évoluent dans le milieu où ils se développent habituellement ou lorsqu'on les transporte dans un milieu différent, aérien pour les bourgeons souterrains et vice versa.

J'ai pris comme sujets d'étude, soit des Labiées à stolons vivaces (*Teucrium Scorodonia* et *Teucrium Chamædrys*), soit des Labiées à stolons ne persistant qu'un an (*Lycopus europœus*, *Mentha rotundifolia*).

Le mode d'apparition des stolons est le même dans les quatre espèces précédentes. Le premier bourgeon qui se développe en stolon se trouve dans le sol, à la base de la tige aérienne, au nœud le plus rapproché de la surface. Les bourgeons des nœuds situés plus profondément donnent aussi quelquefois des stolons, mais toujours moins développés que le premier; tous sont ramifiés en général. A la fin de l'automne leur extrémité se redresse, de façon à amener le bourgeon terminal au niveau du sol. A partir du point où s'effectue cette courbure on observe un renflement nettement caractérisé, c'est l'ébauche de la tige aérienne qui se développera au printemps suivant. Cette différenciation est très accentuée dans le *Lycopus europœus* où le diamètre de la partie verticale est deux à trois fois plus grand que celui de la partie horizontale.

Si, sur un pied de *Teucrium Scorodonia* ou de *Teucrium Chamædrys*, nous détruisons les bourgeons situés sur la partie souterraine la plus jeune, nous provoquons le développement des bourgeons portés par les parties souterraines âgées, mais ces nouvelles formations ne présentent pas la même vigueur que les premières. Dans le cas où l'ablation de la partie jeune est faite à l'automne, les bourgeons axillaires s'accroissent en tiges souterraines horizontales plus ou moins longues; mais si l'ablation est faite au printemps

([1]) *Comptes rendus,* t. 155, p. 589.

les bourgeons se développent directement en tiges aériennes. *La différenciation de ces bourgeons dépend donc essentiellement de l'époque à laquelle ils se développent.*

Pour reconnaître quelle peut être sur leur évolution l'influence du milieu, j'ai déterré et exposé à la lumière de jeunes stolons soit pendant leur croissance en longueur, soit à la fin de l'automne; dans ces conditions, l'extrémité des stolons se flétrit et les bourgeons de la partie qui reste vivante, près de la tige aérienne, se développent toujours en tiges dressées.

Si l'on considère, d'autre part, que les bourgeons de la partie aérienne évoluent toujours en tiges feuillées, on voit que *la différenciation de tout bourgeon maintenu à la lumière est toujours la même et indépendante de l'époque à laquelle il se développe.*

Si l'on examine la tige aérienne on constate que, parmi ses bourgeons axillaires, quelques-uns se développent en rameaux florifères ou en rameaux stériles, d'autres restent à l'état dormant. Il est possible de faire développer ces derniers dans le sol en enterrant une tige aérienne débarrassée au préalable des bourgeons qui devaient évoluer en stolons. On constate alors que les bourgeons primitivement aériens se développent en stolons souterrains, moins longs, en général, que ceux qu'on trouve à la base d'une tige ordinaire, mais se comportant de la même façon; le bourgeon qui se développe le premier est le plus rapproché de la base primitive de la tige, ceux qui se trouvent au-dessus se développeront ensuite, mais de moins en moins; quelques-uns même près de la surface du sol peuvent donner directement une tige feuillée. L'ordre d'apparition de ces stolons est donc inverse de celui qu'on trouve lorsque la plante croît dans des conditions normales. *La différenciation des bourgeons de la tige aérienne peut donc être modifiée quand on change le milieu dans lequel ils se développent.*

Dans les deux autres types, nous n'avons à nous occuper seulement de la partie souterraine jeune, la partie âgée ne persistant pas.

Si l'on répète sur le *Lycopus europœus* les expériences déjà faites, on constate que l'ablation des bourgeons terminaux souterrains provoque le développement de quelques bourgeons axillaires les plus rapprochés de l'extrémité du stolon. Ces bourgeons produisent des axes souterrains très courts à bourgeon terminal renflé, la partie mince peut même ne pas exister et la différenciation en tige aérienne apparaît immédiatement. L'ablation du bourgeon terminal ne peut se faire qu'à l'automne, car, au printemps suivant, le stolon est presque complètement desséché et les bourgeons axillaires ne peuvent plus se développer.

Les stolons exposés à la lumière se flétrissent rapidement et l'expérience ne donne aucun résultat.

Les bourgeons de la partie aérienne, comme ceux des *Teucrium*, ont la propriété de se développer en stolons souterrains courts lorsque la tige est enfoncée dans le sol.

Dans le *Mentha rotundifolia* l'ablation du bourgeon terminal de chacun des stolons amène rapidement le développement des bourgeons axillaires en stolons souterrains; mais si l'on enterre la tige aérienne après l'avoir débarrassée des pousses souterraines, elle se flétrit rapidement, ses bourgeons latéraux s'allongent de quelques centimètres seulement, puis disparaissent bientôt et la plante meurt. Les tiges souterraines mises hors de terre se flétrissent aussi complètement et l'expérience ne donne aucun résultat.

En résumé, on peut dégager de ces recherches les conclusions suivantes : 1° les bourgeons qui donnent naissance aux stolons présentent, chez les espèces étudiées, la même disposition morphologique sur la partie souterraine de la tige, mais on ne peut pas les considérer comme possédant une différenciation spéciale, puisque les bourgeons de la partie aérienne placés dans les mêmes conditions peuvent offrir un développement semblable; 2° l'évolution des bourgeons de la partie souterraine dépend essentiellement de l'époque à laquelle ils se développent; ils produisent au printemps des tiges aériennes, à l'automne des stolons; 3° tout bourgeon exposé à la lumière, quelle que soit sa position sur la plante et l'époque de son développement, s'accroît en tige dressée feuillée; 4° exposés à la lumière, les bourgeons souterrains ne s'accroissent en tiges feuillées que si la partie qui les porte est assez lignifiée pour résister à l'influence du nouveau milieu.

BOTANIQUE. — *Les phénomènes cytologiques de la sporogenèse chez le* Barbula muralis. Note de M. E. **Boucherie**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Les phénomènes cytologiques de la sporogenèse chez les Mousses n'ont, jusqu'ici, fait l'objet que de très rares observations, sans doute en raison des difficultés de leur étude. Les noyaux sont, en effet, excessivement petits et leur fixation assez délicate; aussi, sauf le Mémoire de Wilson, qui présente bien des lacunes, il n'existe aucun travail sur ce sujet. J'ai entre-

pris des recherches sur diverses espèces et j'exposerai ici mes premiers résultats obtenus sur le *Barbula muralis*.

Les cellules mères des spores se distinguent de leurs voisines par leur disposition plus régulière et par leur petitesse; elles mesurent 12^{μ} au maximum dans le sens de la plus grande longueur. Le noyau, relativement volumineux par rapport à la cellule, atteint au plus 6^{μ} à 7^{μ} de diamètre.

Pendant les premiers stades, qui sont très lents, la division marche presque simultanément dans toutes les cellules : sur les coupes transversales, on ne trouve que des cellules au même état; sur les coupes longitudinales, on remarque cependant que les stades sont un peu plus avancés lorsqu'on remonte vers la coiffe.

Au stade *prosynapsis*, le noyau possède un nucléole arrondi très apparent, un peu excentrique, ne montrant aucune connexion avec la substance chromatique; celle-ci est refoulée à la périphérie, formant un anneau de coloration plus foncée et d'apparence finement granuleuse.

D'après Wilson, chez le *Mnium hornum*, le nucléole forme, à ce stade, par bourgeonnement, un petit corps qui, plus tard, passerait dans le cytoplasme. Je n'ai observé aucun phénomène de ce genre chez le *Barbula muralis*, mais très souvent, dans cette espèce, le nucléole prend un contour irrégulier, mamelonné, devient vacuolaire et se fragmente en deux ou trois nucléoles plus petits qui se disséminent dans le noyau.

En même temps, la substance chromatique devient plus apparente, prend un aspect filamenteux en formant un réseau périphérique à cordons très fins et très irrégulièrement ramifiés, mais où l'on ne distingue *aucun appariement*.

Puis ce réseau, peu à peu, abandonne la périphérie et se resserre vers le centre englobant le ou les nucléoles dans ses mailles. Le peloton continue sa contraction, les mailles se rétrécissent de manière à former une masse de plus en plus compacte où les nucléoles sont difficiles à distinguer, et l'on arrive au stade *synapsis*.

La masse synaptique, irrégulièrement ovale et hérissée sur ses bords, est située transversalement au milieu du noyau et entourée de chaque côté par un espace clair qui la sépare du cytoplasme. Ce dernier, à cette période, est concentré en deux parties opposées de la cellule sous forme de deux calottes hémisphériques reliées latéralement par des portions amincies. Cette disposition, qui existe aussi bien sur les coupes longitudinales que sur les coupes transversales, peut être considérée comme caractéristique de ce stade. Le grumeau synaptique, très coloré, est compact et d'apparence homogène; cependant on voit quelquefois sur les bords un ou deux filaments émergents dans lesquels on ne peut observer *aucune dualité*.

A la fin du synapsis, le peloton s'arrondit et se rapproche d'un des côtés de la membrane nucléaire; en même temps il se desserre, devient moins compact et prend une apparence granuleuse; bientôt quelques filaments commencent à émerger et suivent le contour de la membrane ou plus rarement traversent l'intérieur de la cavité. Sur leur trajet on distingue des amas de chromatine : c'est le début du *spirème*.

A partir de ce stade on ne trouve plus de nucléoles. Le spirème continue à envahir la cavité nucléaire en même temps que les amas de chromatine tendent à disparaître. Finalement le cordon spirématique est constitué par des filaments *simples* qui semblent former de tronçons sinueux d'égale épaisseur, reliés les uns aux autres par de fins tractus. Ces tronçons représentent des chromosomes doubles; ils s'individualisent peu à peu par étirement et bientôt rupture de la partie intermédiaire, puis chacun d'eux subit une scission longitudinale. Ce dédoublement apparaît soit à l'une des extrémités qui prend la forme d'un Y, soit au milieu où l'on distingue un espace clair par écartement des deux parties.

Après le dédoublement, il se produit un raccourcissement par tassement de la chromatine et l'on arrive au stade de la *diakinèse* qui est très rapide : les chromosomes, répartis tout autour du noyau, près de la membrane, présentent souvent la forme d'O, d'U ou de V à branches très courtes. La rapidité de ce stade fait comprendre pourquoi il n'a pas été observé, jusqu'à présent, chez les mousses.

En résumé, les caractères principaux de la formation des chromosomes hétérotypiques chez le *Barbula muralis* sont les suivants :

1° Non appariement des filaments au prosynapsis et fragmentation du nucléole ;

2° Disparition du nucléole à la fin du synapsis;

3° Division transversale du spirème précédant la division longitudinale ;

4° Formation des chromosomes suivant le mode parasyndétique de Grégoire (dédoublement longitudinal) et non suivant le mode métasyndétique (formation par boucles).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le* Lepidium sativum *rendu semi-parasite expérimentalement*. Note de M. **Molliard**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Le nombre des plantes supérieures qui se comportent en parasites est assez restreint et ce fait peut, *a priori*, s'expliquer de deux manières : ou bien on est en présence des plantes qui, seules, sont capables de digérer les tissus d'autres espèces; ou bien le parasitisme n'a pu être établi qu'exceptionnellement, par suite de la réalisation d'un ensemble de conditions permettant la pénétration de la racine dans le corps des plantes hospitalières. Or on sait aujourd'hui que les racines de toutes les plantes vasculaires sont capables de secréter diverses diastases, les mettant à même de digérer les substances organiques correspondantes; on est donc en droit de se

demander si la rareté des plantes supérieures parasites ne relève pas plutôt de la seconde explication que de la première.

Pour m'en rendre compte, j'ai tenté le développement d'une Phanérogame non parasite (le Cresson alénois, *Lepidium sativum*) sur une autre (le Haricot, *Phaseolus vulgaris*) en réalisant artificiellement la pénétration de la radicule de la première dans le corps de la seconde. Des graines de Cresson alénois ont été mises à germer sur du papier-filtre humide et, lorsque la radicule avait atteint une longueur de 3^{mm}-4^{mm}, je l'introduisais dans un petit trou, pratiqué à l'aide d'une aiguille dans l'axe hypocotylé d'un Haricot dont les cotylédons étaient étalés; le tout était placé sous une cloche de manière à maintenir la saturation de l'atmosphère en vapeur d'eau; le Cresson alénois se développait alors d'une manière très normale et l'association établie a pu se maintenir pendant 40 jours; d'ailleurs, si j'ai arrêté au bout de ce temps les premières expériences dont je relate ici les résultats, c'est que les Haricots commençaient à souffrir; leurs feuilles jaunissaient dans les conditions où elles se développaient, alors que le Cresson alénois subsistait avec des feuilles bien vertes; ce dernier présentait alors, en outre de ses cotylédons flétris, six feuilles définitives complètement étalées.

Il y a lieu tout d'abord de remarquer que je n'ai pu réussir à obtenir le développement du Cresson alénois sur le Haricot lorsque celui-ci restait à l'air libre; la plantule se desséchait rapidement et le fait que l'association dont il est question ne s'établissait qu'en atmosphère humide pouvait donner à penser que le *Lepidium* végétait sur le Haricot comme il l'aurait fait sur un support inerte quelconque; mais l'examen de l'appareil radiculaire nous montre qu'il y a quelque chose de plus; la racine principale du Cresson se développe rapidement dans la cavité qui lui a été ménagée et garde ses caractères normaux tant que son cheminement a lieu dans les tissus blessés par l'aiguille; arrivée au fond de la piqûre, elle continue son chemin dans le parenchyme de l'axe hypocotylé en digérant devant elle les tissus qui s'opposent à son passage. Il se constitue, d'autre part, des radicelles; mais celles-ci, au lieu de devenir grêles et longues, comme il arrive dans les conditions ordinaires, restent courtes et se renflent, et il est aisé d'observer au microscope la digestion des cellules du Haricot par ces radicelles qui, physiologiquement et morphologiquement, se comportent comme de véritables suçoirs.

Que les substances résultant de la digestion des cellules de l'hôte soient absorbées par les radicelles du Cresson alénois, tout ce que nous savons sur

l'absorption des matières organiques par les racines des végétaux supérieurs nous porte à l'admettre et nous sommes ainsi amenés à regarder les plantules du *Lepidium* comme présentant, dans nos expériences, une vie mixte analogue à celle du Gui, mais qui ne peut être réalisée, dans ce cas particulier, qu'en présence d'une atmosphère humide, le Cresson ne pouvant puiser dans le Haricot une quantité d'eau correspondant à ses besoins.

La digestion de tissus vivants par les racines du Cresson alénois n'est d'ailleurs pas nécessaire au développement de cette plante dans les conditions très spéciales où nous l'avons placée ; c'est ainsi que, si nous implantons de jeunes plantules dans l'axe épicotylé du Haricot, on observe une association semblable à celle que nous avons obtenue avec l'axe hypocotylé, mais cette fois les racines du *Lepidium* gagnent rapidement la cavité centrale formée dans l'axe épicotylé, par suite de la résorption précoce de la moelle, résorption qui n'a pas lieu pour l'axe hypocotylé ; la radicule garde alors des caractères absolument normaux et développe des radicelles allongées et de très faible diamètre ; tout se passe dans ce second cas comme si le *Lepidium* avait été mis à se développer sur de l'ouate humide.

Ces premières expériences nous montrent donc que les racines de n'importe quel végétal vasculaire sont capables de digérer les tissus d'une autre plante, c'est-à-dire de se comporter en parasites, pourvu que la mise en présence soit réalisée.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la pénétration des différentes formes d'azote dans les plantes; phénomènes d'adsorption.* Note de M. **D. Chouchak**, présentée par M. Schlœsing fils.

Nous avons montré, M. Pouget et moi [1], que l'absorption des substances nutritives par les végétaux était sous la dépendance immédiate de la solution où plongent leurs racines.

Leur absorption est, dans certaines limites, exactement proportionnelle à la concentration de la solution. Dès que les substances commencent à s'accumuler dans la plante, la proportionnalité est rompue. Ces faits étaient attribués à la pression osmotique qui force ces substances à diffuser dans les racines.

D'autre part, on sait que, dans les phénomènes de diffusion, la nature de la paroi,

(1) *Comptes rendus*, t. 154, p. 1709; t. 155, p. 303.

ainsi que son affinité pour la substance qui diffuse à travers elle, jouent un grand rôle.

En me basant sur ces considérations, j'ai appliqué les méthodes que nous avions utilisées, dans ces expériences, à l'étude de l'influence de la composition du milieu nutritif sur l'absorption des différentes formes d'azote. J'ai été amené ainsi à faire les constatations suivantes :

De jeunes plants de blé, dont les racines étaient restées pendant longtemps en contact avec une solution de sulfate de magnésie suffisamment concentrée pour en amener la mort, avaient cependant conservé la propriété de fixer une certaine quantité d'ammoniaque lorsqu'on les portait dans une solution d'un de ces sels.

Cette fixation semblait donc indépendante du phénomène vital et propre aux matières constituantes des racines elles-mêmes.

Les expériences suivantes montrent qu'il en est bien ainsi :

Les racines de 125 jeunes plants de blé, âgés de 3 à 4 semaines, sont séparées des tiges et, après un lavage soigneusement fait à l'eau distillée, plongées dans 100$^{cm^3}$ des solutions, de concentration connue, des substances suivantes : chlorhydrate d'ammoniaque, azotate de soude, glycocolle, tyrosine, chlorhydrate d'hydroxylamine.

Les mêmes expériences ont été effectuées avec des racines dont toute activité vitale a été anéantie par un séjour de 30 minutes dans l'eau en ébullition.

Le contact des racines avec la solution de diverses substances azotées ne durait que 10 minutes : on a constaté que l'équilibre était atteint presque instantanément.

Les résultats sont représentés dans ce Tableau :

Substance.		NH^4Cl.		$NaNO^3$.		Glycocolle.		Tyrosine.	Chlorhyd. d'hydroxylamine.
Milligrammes de N donnés.		0,5.	1,0.	0,5.	1,0.	0,5.	1,0.	0,5.	0,5.
Mg de N absorbé par	les racines vivantes..	0,091	0,182	0,053	0,105	0,042	0,075	»	»
	les racines mortes...	0,10	0,20	0,055	0,108	0,075	0,153	0,146	0,043
Concentration de N absorbé par kilogr. de racines mortes.....		11,7	23,4	6,45	12,7	8,8	18,0	17,2	5,1
Concentr. par litre dans le liquide restant à la fin de l'expérience avec les racines mortes.......		4,38	8,76	4,8	9,7	4,6	9,2	3,9	5,0
Coefficient de partage	$\frac{\text{Concent. dans racines}}{\text{Concent. dans l'eau}}$.	2,68	2,68	1,34	1,32	1,92	1,95	4,35	1,02

On voit d'abord que les quantités d'azote fixées dépendent de la nature

de la substance; ces quantités sont variables, la concentration moléculaire des différentes substances étant la même. De plus, avec le chlorhydrate d'ammoniaque, les racines mortes ou vivantes fixent les mêmes quantités d'azote; il en est de même avec l'azotate de soude; il n'en est plus ainsi avec le glycocolle.

Enfin, les concentrations dans les racines mortes d'azote absorbé (milligrammes de N par kilogramme de racines) sont beaucoup plus grandes que celles du milieu extérieur à la fin d'expérience; les coefficients de partage des substances azotées entre les racines et le milieu extérieur sont plus grands que l'unité.

On se trouve donc en face d'un phénomène d'adsorption, les matières dissoutes étant fixées directement par les substances qui sont contenues dans les racines.

Les racines, par un séjour prolongé dans l'eau distillée fréquemment renouvelée, perdent peu à peu les substances qu'elles avaient adsorbées. Leur pouvoir adsorbant, vis-à-vis de l'azote nitrique ou ammoniacal, n'est pas sensiblement diminué par ce traitement, même souvent répété. Pour le glycocolle et la tyrosine, il est, au contraire, considérablement diminué: il n'est plus que le tiers de ce qu'il était au début, après un séjour de 3 jours dans l'eau distillée. L'eau a sans doute dissous peu à peu les substances adsorbantes.

On a des résultats semblables en traitant les racines par l'alcool bouillant : l'absorption de l'azote nitrique n'est pas modifiée, tandis que celle de l'azote ammoniacal est fortement diminuée.

Mais on peut rétablir le pouvoir adsorbant des racines ainsi traitées en les faisant macérer dans un extrait alcoolique de racines fraîches (cet extrait précipite par l'eau): ainsi, un lot de racines, plongé dans une solution de chlorhydrate d'ammoniaque contenant 10^{mg} par litre, absorbait $0^{mg},165$ d'azote, et seulement $0^{mg},085$ après un traitement par l'alcool bouillant; après une première macération dans l'extrait alcoolique, l'azote adsorbé s'élevait à $0^{mg},136$ et à $0^{mg},170$ après une seconde macération.

Ici, c'est certainement l'alcool qui enlève les substances adsorbantes.

L'adsorption varie aussi avec la concentration de la solution en contact avec les racines, comme le montrent les résultats suivants :

Concentration initiale en milligrammes par litre.	5.	25.	50.	100.	200.	250.
Azote adsorbé en milligrammes....	0,074	0,36	0,74	1,48	2,5	2,75

L'adsorption est d'abord proportionnelle à la concentration, à partir d'une certaine limite elle croît moins vite qu'elle. La courbe qui représenterait ces résultats, est analogue à celle qui relie l'absorption des substances nutritives par les plantes vivantes à la concentration des solutions où baignent leurs racines (*loc. cit.*).

En résumé, les racines des végétaux ont la propriété d'adsorber, de fixer les diverses formes d'azote minéral et organique. Cette propriété est due à la présence de certaines substances que l'eau bouillante n'enlève pas.

Ce pouvoir adsorbant pour différentes substances, de même concentration moléculaire, varie selon la nature de ces substances.

Pour la même forme d'azote, toutes autres conditions égales, la quantité d'azote adsorbé est en rapport étroit avec la concentration de la substance dans le milieu ambiant.

Cette faculté d'adsorption (¹), ainsi que les phénomènes d'osmose, doivent jouer un grand rôle dans l'absorption des matières nutritives par les plantes.

MYCOLOGIE. — *Sur un* Septobasidium *conidifère.* Note de M. N. **Patouillard**, présentée par M. L. Mangin.

Nous avons décrit (²), sous le nom de *Septobasidium albidum*, un champignon de l'Équateur croissant sur les rameaux vivants d'un certain nombre de phanérogames, tels que *Prunus salicifolia*, *Piper Kunthii*, *Salvia tortuosa*, *Melastoma*, etc. Plus récemment, il a été retrouvé au Brésil (Rick, Puttemans) et au Tonkin (Duport), aux environs d'Hanoï, envahissant les rameaux et les feuilles des *Citrus* cultivés.

Comme toutes les espèces du genre, il n'est point parasite de la plante support, mais vit en association symbiotique avec des Coccides.

Il est constitué par une membrane mince, tenace, de consistance de cuir, sorte de gaine facilement séparable, en dessous de laquelle on observe des

---

(¹) Le pouvoir adsorbant peut être attribué à des actions purement chimiques et aussi à des actions physico-chimiques donnant lieu à la formation de solutions solides dans les substances colloïdales des racines.

(²) N. Patouillard et G. de Lagerheim, *Champignons de l'Équateur* (*Bull. Soc. Myc. Fr.*, t. CXXXVI, 1893, *Pl. VIII, fig.* 1).

colonies de Cochenilles vivantes. Dans son épaisseur, on rencontre souvent des cadavres de Cochenilles envahis par le mycélium du champignon.

Les filaments de cette gaine sont fortement colorés en brun, à peu près opaques, rameux, serrés, çà et là septés et rarement pourvus de boucles.

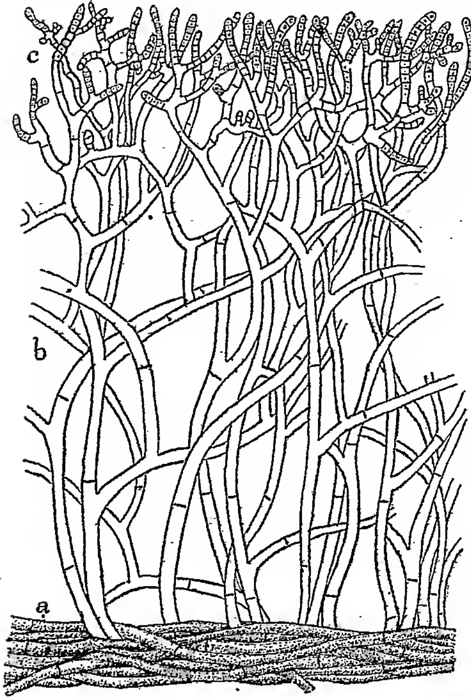


Fig. 1. — Fragment d'un coussinet développant les conidies. *a*, gaine mycélienne adhérente au support; *b*, filaments conidiophores dressés; c, conidies.

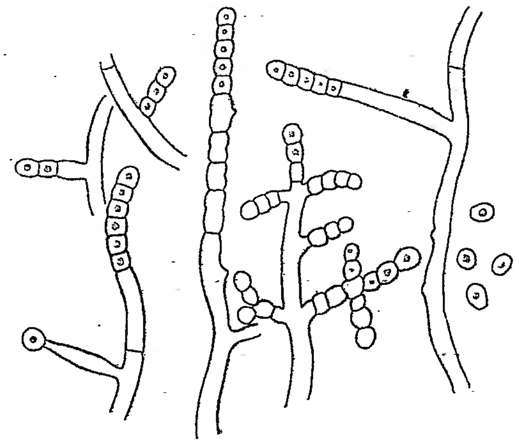


Fig. 2. — Détails de la formation des conidies.

Ils se laissent difficilement dissocier. Leur direction est parallèle à l'axe du support. Dans quelques cas, la partie moyenne de la membrane est plus lâche et lacuneuse.

La périphérie est fimbriée par une bordure blanche, de filaments jeunes et encore incolores, qui s'étendent graduellement sur l'écorce.

Lorsque le champignon va fructifier, on voit paraître, au pourtour de la membrane, au voisinage de la bordure blanche, de petits coussinets hémisphériques, d'aspect villeux, qui sont formés de touffes de filaments dressés, cylindracés, peu colorés, septés et peu rameux. Ces coussinets finissent par

devenir confluents et par recouvrir toute la surface d'une assise floconneuse blanchâtre ou jaune brunâtre.

Bientôt, vers l'extrémité supérieure des filaments dressés, se forment de nombreuses ramifications courtes, qui se contextent en une pellicule superficielle, fragile, continue ou brisée en petits fragments.

C'est sur ces ramifications que se développent les basides que nous avons fait connaître (*loc. cit.*).

Tous les spécimens sud-américains examinés ne nous ont jamais présenté que ce mode normal de fructification (*fig.* 1).

Dans les exemplaires tonkinois, au contraire, les basides font défaut et le champignon s'est toujours montré exclusivement conidifère. Son aspect est légèrement modifié : la pellicule superficielle manque, et la surface a un aspect pulvérulent causé par une couche épaisse de conidies jaunâtres. L'extrémité des ramifications terminales, au lieu de bourgeonner des basides, devient légèrement toruleuse et se divise, par un grand nombre de cloisons transversales, en une file d'articles, qui ne tardent pas à se disjoindre, pour donner des conidies arrondies ou ovoïdes, d'abord hyalines, puis colorées, à parois lisses et à contenu homogène, ou présentant une gouttelette brillante.

Ces conidies sont de dimensions variables et ont en moyenne $4\text{-}5 \times 3\,\mu$ (*fig.* 2).

La connaissance d'un *Septobasidium* pouvant ne posséder que la fructification conidienne est intéressante, non seulement parce qu'elle complète l'histoire du cycle de l'espèce, mais surtout parce qu'elle permet d'établir un rapprochement avec une autre forme fongique, dont les affinités sont encore obscures.

Dans leur Mémoire sur la *Phthiriose de la Vigne* (1), MM. L. Mangin et P. Viala décrivent, sous le nom de *Bornetina Corium*, un champignon dont les caractères sont comparables à ceux de notre *Septobasidium albidum* : même association symbiotique avec des Cochenilles, même réceptacle en membrane coriace entourant le support et même mode de dissémination par conidies.

Il est donc vraisemblable de considérer le *Bornetina* comme une Septobasidiée, voisine du genre *Septobasidium*, dont on ne connaît encore que la forme conidienne.

---

(1) L. Mangin et P. Viala, *La Phthiriose de la Vigne*, Paris, 1903.

PHYSIOLOGIE. — *Les signes physiques de la supériorité professionnelle chez les dactylographes.* Note de M. **J.-M. Lahy**, présentée par M. d'Arsonval.

En étudiant le travail des dactylographes, nous nous sommes proposé de rechercher les signes psycho-physiologiques qui caractérisent la supériorité professionnelle.

Trois qualités sont nécessaires aux bons dactylographes : la rapidité, l'exactitude et le goût. Cette dernière, laissée de côté, comme jouant un rôle moins important, nous avons classé nos sujets d'après la rapidité et l'exactitude, en leur faisant copier un texte de 1702 signes, qui fut jugé ensuite par le chef d'un service dactylographique et plusieurs professionnels étrangers à nos recherches.

Ceci fait, nous avons mesuré pour chaque sujet la mémoire des chiffres et des phrases, l'attention et quelques processus supérieurs de l'intelligence : imagination, abstraction, jugement, raisonnement, à l'aide de tests appropriés; la sensibilité tactile à l'aide du compas esthésimétrique, la sensibilité musculaire à l'aide du myoesthésimètre, les temps de réaction auditifs avec le chronomètre de d'Arsonval, la force dynamométrique avec le dynamomètre de Régnier. Ce que nous cherchions dans cette dernière expérience, c'était moins à fixer la force musculaire des sujets qu'à déterminer le rapport existant entre la force de la main droite et celle de la main gauche, afin d'établir par là un équilibre musculaire qui paraît être utile au bon travail dactylographique.

Malgré le parallélisme relevé entre les résultats fournis par les hommes et les femmes, ces résultats ne sont pas juxtaposables dans leur détail. Nous avons relevé entre les deux sexes des différences psycho-physiologiques qui s'expriment par des différences de valeur observées dans les mêmes réactions. C'est pourquoi nous avons séparé nos sujets en deux groupes et confronté ensuite la double série des résultats.

Les conclusions suivantes se dégagent de nos expériences :

L'abstraction, le jugement, l'imagination ne semblent pas jouer de rôle dans la supériorité des dactylographes, bien que nous les ayons rencontrés chez tous nos sujets. Parmi les autres fonctions, aucune n'est capable de déterminer, isolément, cette supériorité qui résulte, au contraire, d'*un ensemble de signes*, variables pour chaque individu, mais représentés chez tous quel que soit leur mode de combinaison.

D'une manière générale, les signes observés de façon constante chez les bons dactylographes sont : une bonne mémoire des phrases concrètes, une tendance à l'équivalence musculaire des deux mains, une sensibilité tactile et musculaire affinée, une attention soutenue.

Ces signes ne sont pas ou sont peu représentés chez les mauvais dactylographes, et ils varient, en intensité et en perfection, des moyens aux très bons travailleurs.

Un des résultats les plus curieux de nos expériences, c'est d'avoir affirmé chez tous les bons sujets la lenteur relative des temps de réaction auditifs. Ceci est de nature à indiquer qu'une action relativement lente, mais bien adaptée, est préférable à une action rapide et peu coordonnée.

Ainsi, après des expériences portant sur un grand nombre de fonctions, nous sommes parvenu à déterminer celles qui sont caractéristiques de la supériorité dans la profession étudiée. En faisant porter l'examen des sujets sur ces seuls signes, il devient donc pratique de déterminer, avant l'apprentissage, la valeur éventuelle d'un dactylographe.

ANATOMIE. — *Le gésier des Dytiscides.* Note de M. L. **Bordas**, présentée par M. Edmond Perrier.

Le *gésier* constitue une des régions les plus importantes et les plus caractéristiques de l'appareil digestif de certains Insectes. Nous avons déjà étudié cet organe chez la plupart des Hexapodes [1]. Il forme, chez les Coléoptères, une poche, plus ou moins volumineuse, située en arrière de l'œsophage et en avant de l'intestin moyen.

Nous avons étudié cet organe, aux points de vue anatomique et histologique, chez un grand nombre de Coléoptères et avons pu diviser ces insectes en deux grands groupes, réunis entre eux par de nombreuses formes intermédiaires :

1° Les Coléoptères à gésier bien développé, et 2° les Coléoptères à gésier atrophié ou nul.

Chez les premiers, qui comprennent les *Silphidæ*, les *Carabidæ*, les *Dytiscidæ*, les *Staphylinidæ*, les *Hydrophilidæ*, la plupart des *Longicornes*, etc.,

---

(1) V.-L. Bordas, *L'appareil glandulaire des Hyménoptères et l'appareil digestif des Orthoptères* (*Annales des Sciences naturelles zoologiques*, 1894 et 1898; *Comptes rendus*, 1er décembre 1902; *Congrès A. F. A. S., Tunis*, mars 1913; etc.).

le GÉSIER est volumineux et tapissé intérieurement de bourrelets chitineux, de denticules, de pointes, de crêtes ou de soies cornées, le tout admirablement conformé pour la mastication et la trituration des matières alimentaires avant leur passage dans l'intestin moyen.

Dans le second groupe, comprenant surtout les familles des *Cetonidæ*, *Lucanidæ*, *Telephoridæ*, *Elateridæ*, *Chrysomelidæ*, *Tenebrionidæ*, etc., le gésier est rudimentaire et très atrophié. Ses dimensions sont à peine distinctes de celles de la partie terminale de l'œsophage et sa structure diffère à peine de celle de ce dernier. Disons encore que le gésier est dans un étroit rapport avec le genre de vie de l'insecte.

Nous avons soumis à notre étude les Dytiscides suivants : *Cybister rœselii* Fabr., *Dytiscus marginalis* L., *Agabus agilis* Fabr., *Agabus chalconotus* Panz., *Acilius sulcatus* L., et *Colymbetes coriaceus* Lap.

Le *gésier* des Dytiques mesure de 3^{mm} à $3^{mm},5$ de longueur et affecte une forme conique, à large base tournée en avant. Une légère dépression circulaire le sépare du jabot. Il se prolonge intérieurement, dans ce dernier, sous forme d'expansion circulaire présentant une ressemblance frappante avec la partie libre de la corolle d'un liseron. Les bords de cette expansion sont parcourus par huit bandelettes chitineuses, de teinte jaune foncé, laissant entre elles un étroit orifice qui conduit dans le gésier. Les parois internes de ce dernier portent, en avant, huit dents chitineuses, quatre grandes et quatre petites, formées par des replis cornés. Les dents principales sont allongées et terminées par une pointe mousse et spatuliforme. Les autres, un peu plus courtes, sont encastrées entre les premières et se prolongent par une petite pointe triangulaire. Les parois latérales des dents principales sont recouvertes de touffes de fortes soies disposées en brosse, et qui se prolongent même, en massifs serrés, jusqu'à l'extrémité libre et émoussée du tubercule dentaire. La cavité de la seconde partie du gésier est tapissée d'une membrane chitineuse interne plissée, qui s'arrête à un bourrelet postérieur, marquant l'origine de l'intestin moyen.

La forme, la disposition et la structure des dents, leurs nombreuses soies latérales et antérieures doivent nous faire considérer le gésier des Dytiques comme une sorte de filtre plutôt qu'un appareil masticateur ou broyeur. Il doit avoir pour fonction principale de ne laisser passer dans l'intestin moyen que les aliments suffisamment triturés et d'arrêter les grosses particules alimentaires qui sont soumises de nouveau à l'action mécanique des tubercules chitineux dentaires.

L'épaisse musculature latérale permet également d'admettre cette hypothèse.

Mais c'est surtout chez les *Agabus* et les *Acilius* que le gésier constitue un organe à structure complexe, à épaississements chitineux internes, puis-

sants, servant surtout à compléter l'action triturante des mandibules et des mâchoires.

L'intérieur du gésier de l'*Agabus* (*Ag. chalconotus*) présente huit épaississements digitiformes, de longueur différente : dents et denticules. Il y a alternance entre les dents et denticules. Ces organes, dus à des proliférations locales de la lamelle chitineuse interne, se recourbent en avant et forment, au fond du jabot, un bourrelet corolliforme, divisé en huit lamelles pétaloïdes séparées par des bandelettes chitineuses sétigères, de couleur brun foncé. Les dents diffèrent sensiblement de celles du gésier du Dytique et du Cybister. Elles sont triangulaires, allongées et présentent une dépression médio-dorsale. Leur bord postérieur (inférieur) est émoussé; sa face supérieure est convexe, recouverte de petites pointes ou soies chitineuses et se continue par une membrane cornée et plissée, qui s'étend jusqu'à l'orifice de l'intestin moyen. Les parois de chaque dent sont recouvertes de soies, dont les unes sont aplaties, à large base, de forme triangulaire et les autres coniques ou filiformes. La dépression dorsale est également bordée par de longues et nombreuses soies chitineuses dirigées en arrière. Les denticules sont plus courts que les dents proprement dites. Ils se terminent, en arrière, par une pointe triangulaire médiane, au-dessous et en avant de laquelle se trouve un tubercule allongé. Le tout est recouvert de soies chitineuses, particulièrement abondantes sur les côtés.

Le gésier des *Acilius* présente un plus grand développement et une structure plus complète que celui des espèces précédentes.

La membrane chitineuse qui le tapisse intérieurement se prolonge jusqu'au fond du jabot où elle dessine, grâce à la présence de huit bandelettes chitineuses (formées par des soies cornées agglutinées), une sorte d'entonnoir campanuliforme, au centre duquel existe un orifice étroit et irrégulier, dans lequel s'entrecroisent de nombreuses soies cornées, jouant le rôle de filtre.

Enfin, la cavité interne porte latéralement huit dents longitudinales, de couleur brunâtre, qui ne sont, en réalité, que des plages sétigères à structure spéciale. Sur chaque plage longitudinale, la lamelle chitineuse s'épaissit et porte, soit de petites dents coniques et à pointe acérée, soit des filaments cornés, disposés en forme de brosse.

La *structure histologique* du *gésier* des Coléoptères a été également, de notre part, l'objet d'une étude spéciale.

ZOOLOGIE. — *La pêche aux grands Cétacés sur la côte occidentale d'Afrique.* Note de M. A. Gruvel, présentée par M. Edmond Perrier.

L'industrie de la pêche à la baleine et aux grands cétacés est en train de prendre, sur la côte occidentale d'Afrique et, en particulier, dans notre colonie du Gabon, une importance telle qu'il y a lieu de s'en émouvoir.

Au retour de mon voyage sur la côte d'Afrique, en 1910, je signalais à l'attention de nos compatriotes, dans diverses conférences, la présence sur les côtes du Gabon, de nombreuses bandes de Cétacés, parmi lesquels : la Baleine australe (*B. australis*, Desm.) assez rare, de nombreux mégaptères (*Megaptera longimana*, Rudolf.) et baleinoptères, parmi lesquels les énormes *Balænoptera musculus*, L. et les intéressants *B. borealis*, Lesson, qui, chassés de la région antarctique par l'immense développement de la banquise, remontent le long des côtes de l'ouest africain, en suivant le grand courant froid, dit de Benguela, qui se fait sentir très énergiquement jusqu'à l'embouchure du Congo et même jusque sur les côtes du Gabon français.

Si ma Communication resta lettre morte pour nos industriels français, il n'en fut pas de même des Norvégiens et, dès l'année suivante, s'installait, à Cap Lopez, à l'embouchure de l'Ogooué, un navire usine norwégien de de 6000^t accompagné de deux bateaux-chasseurs de 180^t environ chacun, appartenant à la Dominion Whaling C^o, de Saudefjord.

J'avais déjà rencontré, au cours de cette même campagne, une autre Compagnie norvégienne installée dans la baie de Port-Alexandre (Angola). Les résultats financiers ont été si intéressants que les Portugais ont constitué une Compagnie mixte qui est actuellement installée dans le petit port de Praya-Amelia, près de Mossamédès.

La dernière campagne de pêche aux Cétacés sur la côte d'Afrique a été particulièrement rémunératrice.

Les bénéfices n'ont jamais été inférieurs à 20 pour 100 du capital-exploitation, certains ont atteint 100 pour 100, et l'on cite une Société (*Sociéta argentina de Pesca*) qui a réalisé 400 pour 100 de bénéfices nets.

Si l'on sait maintenant que, pour couvrir simplement les frais d'exploitation d'un bateau-chasseur et de sa part du navire-usine, il faut entre 80 et 100 baleines ou grands baleinoptères, soit 160 à 200 par Société industrielle, on comprendra quelles effroyables hécatombes il faut faire de ces animaux pour pouvoir réaliser 400 pour 100 de bénéfices !

Les produits qu'on en retire sont tout d'abord l'huile de différentes qualités, dont la meilleure se vend actuellement 600^{fr} la tonne. Puis les poudres de viande qui, après déshuilage aussi complet que possible, donnent la poudre alimentaire dont l'utilisation devient considérable et qui coûte 200^{fr} à 210^{fr} les 1000^{kg}. Enfin, la poudre d'os et les fanons, dont le prix, pour les belles qualités, est tombé de 35^{fr} à 12^{fr} le kilogramme.

Les produits industriels : huile et guanos ou poudres alimentaires, ont tellement augmenté de valeur dans ces dernières années que les bénéfices

ont été extrêmement considérables; aussi, toutes les Sociétés qui travaillaient dans les mers du Nord, dans l'Antarctique et en Australie, qui n'ont pas fait de bonnes affaires l'an dernier, se ruent cette année vers la côte occidentale d'Afrique, à telle enseigne que *trente* Sociétés, avec environ 90 bateaux-chasseurs, appartenant surtout aux ports norwégiens de Saudefjord, Larwick et Christiania, sont parties ou vont le faire, pour exploiter cette région.

La destruction de tous les Cétacés, grands et petits, va être effroyable et ce sera un véritable désastre, scientifique d'abord, industriel ensuite, car, au bout de 2 ans, la destruction sera totale.

Avec le Dr Charcot, nous avons attiré l'attention du Gouvernement français sur cette importante question et demandé, tout d'abord, une réglementation locale dans nos colonies. Mais elle sera inefficace si elle n'est pas généralisée à toutes les colonies de la côte d'Afrique.

Aussi proposons-nous une réglementation internationale pour obtenir : 1° la protection des jeunes en en interdisant la capture au-dessous d'une certaine taille; 2° la protection d'un certain nombre d'adultes par la création de zones de réserves internationales; 3° la limitation du nombre des Sociétés industrielles de pêche proportionnellement à la longueur des côtes des colonies envisagées; enfin 4° l'obligation d'utiliser la *totalité* de la masse des Cétacés capturés, pour éviter le gaspillage actuel.

Des vœux dans ce sens ont été émis par la Société nationale d'acclimatation et par la Société des Études maritimes et coloniales.

L'Académie des Sciences pourrait, peut-être, intervenir de son côté, auprès du Gouvernement pour obtenir qu'une réglementation internationale intervienne... avant la disparition totale des Cétacés africains (¹).

BACTÉRIOLOGIE. — *Septicémies spontanées à coccobacilles chez le Hanneton et le Ver à soie.* Note de M. **Édouard Chatton**, présentée par M. Roux.

D'Hérelle a fait connaître en 1911 (²) l'existence, sur les Sauterelles du Mexique, d'une épizootie due à la pullulation d'un coccobacille dans le tube

(¹) Le Comité colonial du *Deutschen Fischerei-Vereins* fera, de son côté, part du projet au Gouvernement et au Reichstag allemands.

(²) *Comptes rendus*, t. 152, p. 1413.

digestif et dans la cavité générale. L'auteur a réussi, au moyen du virus renforcé par passages et cultivé en bouillon, à infecter dans la nature et à décimer les essaims de sauterelles.

Au mois de mai 1912, j'ai, à l'instigation de M. le Dr Roux, éprouvé l'action pathogène du bacille de d'Hérelle, *Bacillus acridiorum* sur le Hanneton. Cet insecte se montre d'emblée sensible au virus inoculé par piqûre dans la cavité générale. La mort survient entre 24 et 48 heures. Après une série de dix passages sans culture interposée, le virus étant resté pur, tue le Hanneton entre 12 et 24 heures. La survie des femelles est en moyenne supérieure à celle des mâles. Mais alors qu'un tel virus renforcé chez la Sauterelle tue celle-ci (d'Hérelle 1911) à peu près aussi vite que par injection, il ne tue point le Hanneton, ni même ne l'infecte, par la voie buccale, quelle que soit sa virulence pour cet animal.

Dès le début de ces expériences j'ai constaté l'existence d'une septicémie spontanée du Hanneton, due à un coccobacille *B. melolonthæ* voisin de celui de d'Hérelle, qui en diffère, d'une manière constante, au point de vue morphologique par la longueur un peu plus grande des éléments, et, au point vue cultural, par la fluorescence de la gélose, après 5 à 6 jours. Il s'en distingue aussi, on le verra par son action pathogène, sur le Ver à soie.

Injecté dans la cavité générale, ce virus, d'origine sauvage, tue le Hanneton entre 12 et 36 heures, et lorsque renforcé par passages, toujours en moins de 24 heures. Mais *per os*, il est aussi inactif que *B. acridiorum*. Les quelques infections constatées dans les expériences par ingestion n'ont pas été reproduites en série, et leur pourcentage n'est pas supérieur à celui des cas spontanés, qui est de 5 en moyenne par jour.

D'ailleurs, les hannetons sains présentent, dans la proportion de 75 pour 100, dans leur tube digestif, le *B. melolonthæ*, quelquefois en culture massive. C'est toujours le cas pour les hannetons à septicémie. La maladie sanguine semble donc bien être d'origine intestinale, comme chez la Sauterelle. Le microbe, parasite banal de l'intestin du Hanneton, ne passe dans la cavité générale qu'à la faveur de conditions spéciales encore inconnues. Prélevé dans l'intestin et inoculé directement ou après culture, dans la cavité générale, il reproduit la septicémie.

Il y avait intérêt à éprouver la virulence du bacille de d'Hérelle chez le Ver à soie, avant de le répandre en masse dans les régions séricicoles.

Nous avons constaté, M. d'Hérelle et moi, que la chenille est douée d'une immunité naturelle complète pour le *Bacillus acridiorum*. Injecté jusqu'à la dose de $0^{cm^3},5$ dans la cavité générale, le bacille est détruit.

Par contre, *B. melolonthæ* est aussi virulent par injection pour le Ver à soie que pour le Hanneton, aussi inactif par ingestion.

Chez le Ver à soie aussi j'ai rencontré un coccobacille, *B. bombycis*, agent

d'une septicémie qui, dans un élevage de plus de 2000 vers, faisait mourir de 5 à 10 individus par jour.

Ce microbe a les caractères morphologiques de *B. melolonthæ*, mais il ne communique pas de fluorescence à la gélose des cultures. Il diffère nettement par sa virulence de *B. acridiorum*. Il tue, en effet, le Ver à soie comme *B. melolonthæ*, entre 12 et 24 heures, par inoculation dans la cavité générale. Par ingestion, j'ai pu infecter 4 individus sur 27. Il semble donc qu'il soit plus virulent que les deux microbes précédents. Il est d'ailleurs beaucoup moins répandu et abondant dans le tube digestif des vers sains que *B. melolonthæ* chez le Hanneton.

La maladie causée par *B. bombycis* ne paraît pas encore avoir été comptée au nombre de celles qui déciment le Ver à soie. Elle ne se traduit extérieurement par aucun signe particulier, avant la mort. Elle ne correspond certainement pas à la grasserie. Les vers atteints ne contiennent pas de polyèdres. Elle ne paraît pas correspondre à la flacherie qui, pas plus que la grasserie, n'est une entité microbiologique ni même pathologique précise. Je propose de nommer *coccobacillose* la maladie du Ver à soie déterminée par *B. bombycis*.

Ces recherches, faites en mai et juin 1912, font l'objet d'un Mémoire déposé depuis février 1913 aux *Annales des Épiphyties*.

Tout récemment, Picard et Blanc (¹) ont fait connaître un coccobacille des chenilles d'*Arctia caja* L., qui tue son hôte par injection en 3 jours à 15°, entre 12 et 24 heures à 25°. Les auteurs ont obtenu une infection sanguine par ingestion « *au moyen d'une pipette introduite dans le pharynx* (²) ». La fluorescence des cultures rapproche *B. cajæ* de *B. melolonthæ*.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur la toxicité des vaccins antityphiques.* Note de MM. **Auguste Lumière** et **Jean Chevrotier**, présentée par M. Roux.

L'importance de la vaccination antityphique s'affirmant chaque jour davantage, il nous a paru intéressant d'étudier la toxicité des vaccins admi-

(¹) *Comptes rendus*, t. **156**, 1913, p. 1334.

(²) Mes expériences ont été effectuées à la température du laboratoire (17°-20°). Les expériences par ingestion ont été faites en faisant avaler par l'insecte la goutte virulente, simplement déposée sur l'aire buccale.

nistrés par différentes voies : sous-cutanée, intrapéritonéale, intraveineuse et gastrique et de comparer aussi les propriétés toxiques des produits vaccinaux obtenus à partir des bacilles d'Eberth, paratyphiques et coli.

De même que nous avions préparé un sérum antityphocolique polyvalent ([1]), dans lequel nous avions retrouvé rigoureusement additionnées les propriétés antitoxiques des sérums élémentaires, de même nous nous sommes appliqués à obtenir un vaccin polyvalent à la fois antityphique, antiparatyphique et anticolique et à comparer tout d'abord sa toxicité aux toxicités des composants.

Nous avons préparé nos vaccins au moyen de cultures sur agar maintenues à l'étuve à 37° pendant 48 heures; chaque culture, émulsionnée dans 15^{cm^3} d'eau salée à 9 pour 1000, a été additionnée de 20 pour 100 d'éther qui était éliminé ensuite par évaporation dans le vide après 48 heures de contact, à la température de 20°.

Le contrôle de la stérilité du vaccin par tentative de cultures sur agar et en bouillon a toujours été négatif.

La numération des bacilles dans nos vaccins, faite par le procédé Gallison, nous a fourni des chiffres variant, pour nos différentes opérations, de 590 millions à 770 millions de micro-organismes par centimètre cube. Pour l'étude de leurs propriétés, on a ramené toutes les préparations sensiblement à 600 millions, autant qu'on en peut juger, étant données les causes d'erreurs de la méthode.

Pour le cobaye (poids moyen 400^g), les doses toxiques de ces différents vaccins sont les suivantes :

1° Vaccin antityphique : par voie sous-cutanée, 7^{cm^3}; par voie intrapéritonéale et intraveineuse, 3^{cm^3}; par ingestion, deux doses de 10^{cm^3} paraissent inoffensives.

2° Vaccin antiparatyphique : par voie sous-cutanée, 7^{cm^3}. Les doses maxima pratiquement injectables, soit 10^{cm^3} par voie intrapéritonéale et 3^{cm^3} par voie intraveineuse (directement dans le cœur), ne tuent pas. Deux ingestions de 10^{cm^3} n'amènent aucun trouble.

3° Vaccin anticolique : par voie sous-cutanée, 10^{cm^3}; par voie intrapéritonéale, 10^{cm^3} ne tuent pas les animaux soumis à l'expérience; mais, par contre, l'injection directe dans le sang permet de tuer le cobaye à la dose de 2^{cm^3}; par voie gastrique, 20^{cm^3} ne déterminent aucun trouble.

4° Nous avons préparé un vaccin polyvalent en mélangeant par parties égales les trois vaccins; donné à dose aussi élevée que possible, c'est-à-dire 20^{cm^3} par injection sous-cutanée ou intrapéritonéale, ou encore par voie gastrique, et 4^{cm^3} en injection

(1) *Sur la polyvalence des sérums antityphiques* (*Comptes rendus*, 18 novembre 1912).

dans le cœur, ce vaccin n'a jamais été mortel pour les cobayes auxquels on l'a administré.

Il est à remarquer que les phénomènes agoniques qui terminent l'intoxication ainsi que les altérations fonctionnelles et organiques que révèlent les autopsies sont les mêmes, qu'il s'agisse de vaccins typhique, paratyphique ou colique.

Tous les animaux meurent en hypothermie, avec ralentissement progressif de la respiration et de la circulation; ils présentent tout d'abord de l'abattement, puis de la parésie du train postérieur; des convulsions cloniques assez violentes précèdent l'arrêt respiratoire, qui survient lui-même avant l'arrêt du cœur.

La phase agonique se déroule en une demi-heure dans le cas de l'intoxication par le vaccin antiparatyphique, tandis qu'elle se prolonge pendant 2 heures environ dans le cas du vaccin antityphique; elle est plus longue encore avec le vaccin anticolique.

A l'autopsie, on constate dans tous les cas une hyperémie considérable de l'intestin, avec hypersécrétion et lésions ecchymotiques du bout inférieur de la muqueuse intestinale; quelquefois ascite hémorragique, vive réaction du côté des ganglions mésentériques, congestion des capsules surrénales, des reins, du foie et du poumon. La rate ne semble pas touchée dans ces intoxications aiguës; la vessie est généralement vide.

On peut, de ces expériences, tirer les conclusions principales suivantes :

1° Les vaccins étudiés sont fort peu toxiques pour le cobaye;

2° Il n'y a pas de relation entre la toxicité des cultures virulentes que nous avions déterminées dans une précédente étude [1] et la toxicité des vaccins correspondants;

3° Les toxicités des vaccins ne s'ajoutent pas, alors que celles des cultures s'additionnent intégralement.

GÉOLOGIE. — *L'Oligocène marin et sa faune en Algérie.* Note de M. **Dalloni**, présentée par M. Pierre Termier.

Les terrains nummulitiques sont plus développés que ne le figure la Carte géologique de l'Algérie au $\frac{1}{800000}$ entre le massif de l'Ouarsenis et le

(1) *Sur la polyvalence des sérums antityphiques* (*Comptes rendus*, 18 novembre 1912).

bassin de la Tafna. L'Éocène y comprend plusieurs divisions, caractérisées par des fossiles ; il y est surmonté par une formation très importante de grès et de marnes, jusqu'ici confondue avec lui, mais que l'examen de sa faune, d'une richesse insoupçonnée, m'a amené à classer dans l'Oligocène.

En dressant la carte détaillée pour le Service géologique de l'Algérie, j'ai pu l'étudier aux environs de Bel Abbès et d'Arlal, dans la vallée de l'Oued el Hammam entre Dublineau et Mascara, et dans celle de la Mina, au sud de Relizane, jusqu'auprès de Zemmora, et y recueillir de nombreux fossiles.

Les Foraminifères pullulent et sont très variés, notamment les Orbitoïdés, qui appartiennent au genre *Lepidocyclina :* une grande forme assimilable à *L. dilatata* Micht. est associée à d'abondantes *L. marginata* Micht. Au nord de la Méditerranée, le premier type serait plus ancien que le second et tous deux se rencontreraient, d'après P. Lemoine et R. Douvillé, dans l'Aquitanien (1); ici, ils sont réunis et la présence de Nummulites ne permet pas de les placer au-dessus du Stampien : ce sont d'ailleurs des formes tongriennes, *N. Bouillei-Tournoueri*, *N. vascus-Boucheri*, du niveau des couches supérieures de Biarritz.

D'autres foraminifères moins importants au point de vue stratigraphique, *Operculina*, *Nodosaria*, *Amphistegina*, etc., accompagnent les précédents sur les plaquettes gréseuses, qui sont également couvertes de *Lithothamnium*.

Les Polypiers sont rares (*Ceratotrochus*, *Montlivaultia*), mais les Échinides très nombreux; j'ai retrouvé dans les grès à lépidocyclines la plupart des formes du Kef Iroud, décrites par Pomel, puis par Cotteau, Péron et Gauthier en 1885, associées à des radioles de Cidaridés du Nummulitique supérieur de l'Aquitaine : *Cidaris subularis* d'Arch., *C. striatogranosa* d'Arch., *C. Oosteri* Laube, *Clypeaster atavus* Pomel, *Scutella*, *Echinocardium nummuliticum* Péron-Gauth., *Sarsella mauritanica* Pomel, *Euspatangus cruciatus* Péron-Gauth., *Schizaster* sp., *Echinanthus Badinskii* Pomel, *Echinolampas dilatatus* Péron-Gauth., *E. Nicaisei*, Péron-Gauth., *E. sulcatus* Pomel, *E. florescens* Pomel extrêmement commun, *Echinocyamus* sp.

Avec des Bryozoaires et des Brachiopodes variés (*Lyothyrina*, *Terebratulina*), on observe beaucoup de Mollusques. Les Lamellibranches fournissent des points intéressants de rapprochement avec les autres régions méditerranéennes, notamment les Pectinidés, qui sont ceux du Tongrien des collines de Turin : *Chlamys biarritzensis* d'Arch., avec la variété *bellicosta*

(1) Cependant F. Sacco, qui admet également que *L. marginata* est aquitanienne, pense que *L. dilatata* caractérise le Stampien et le Tongrien piémontais.

Wood, *C. Thorenti* d'Arch, *C. Bormidiana* Rovr., *Æquipecten apenninicus* Rovr., *Æ. deletus* Micht., *Pecten arcuatus* Broch., *Nodipecten calliferus* Rovr., *Amussium corneum* Sow., associés à *Spondylus bifrons* Munst., et à des Ostracées caractéristiques : *Pycnodonta Brongniarti* Brn. type, avec la variété *rostrata* Rovr., *Ostrea eversa* Meller., *O. gigantica* Sol., *Ostrea cyathula* Lamk., etc.

D'assez rares Gastropodes (*Turritella*, *Scalaria*, etc.), des balanes, des pinces de *Callianassa* ainsi que des dents d'*Odontaspis elegans* Ag., se rencontrent dans cette faune qui est, en somme, essentiellement néritique; elle a vécu dans un golfe assez largement ouvert vers l'Ouest, et se poursuivant entre les ridements de l'Atlas tellien et les contreforts du massif jurassique de Tlemcen-Saïda-Frenda, sur l'emplacement qu'occupait le bras de mer éocène, car cette formation n'est que localement transgressive.

Vers l'Est, l'Oligocène marin se prolonge sur le revers méridional du massif de l'Ouarsenis en une large bande qui comprend, à l'ouest de Teniet el Haad, les grès à Échinides du Kef Iroud, passant à une lumachelle de *Lepidocyclina marginata* Micht., et vraisemblablement, au delà, une partie des *grès de Boghari*, à *Pecten arcuatus* Broch., *Pycnodonta Brongniarti* Brn., intercalés entre l'Éocène et le Miocène inférieur.

M. Ficheur a attribué à l'Oligocène des poudingues et des grès qui affleurent sur le littoral de la Kabylie; cet étage *Dellysien* n'a fourni que des fossiles rares et mal conservés, mais néanmoins des foraminifères de l'Oligocène piémontais (*Rhabdamina annulata*), et des Mollusques, parmi lesquels on reconnaît *Chlamys biarritzensis* d'Arch. Le Dellysien est sans doute un faciès très détritique et littoral du Tongrien que je viens de faire connaître dans la région tellienne.

En dehors de ce dernier et des grès dellysiens, l'Oligocène paraît être exclusivement continental et comprend des marnes gypseuses à hélices dentées surmontées par des couches rouges aquitaniennes. Ce n'est qu'en Tunisie qu'on retrouve des dépôts marins du même âge dans les grès roux du Cherichira à *Nummulites Bouillei*, *Chlamys biarritzensis* d'Arch., *Pecten arcuatus* Broch., *Pholadomya Puschi* Goldf., *Scutella striatula* M. de Serres, etc.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur la position exacte du pôle continental de la Terre*. Note de M. **Alphonse Berget**, présentée par S. A. S. le Prince de Monaco.

Le simple examen d'une mappemonde nous fait voir, d'abord, l'inégalité des domaines continental et marin, ensuite l'irrégularité avec laquelle les terres et les mers sont distribuées. Les mers occupent 365981950$^{km^2}$ à la surface du globe, alors que les terres émergées n'en recouvrent que 144118500$^{km^2}$, sur les 510100800$^{km^2}$ qui constituent la superficie totale de la Terre. L'eau recouvre donc 0,717 de la surface de notre planète et le rapport de la surface océanique à la surface continentale est 2,54.

Au point de vue de la répartition des terres et des mers, les deux hémisphères séparés par l'équateur ne sont pas traités de la même manière. Dans l'hémisphère Nord, le rapport de la surface d'eau à la surface de terre est 1,57, alors qu'il est de 4,80 dans l'hémisphère Sud. Ce dernier est donc plus riche en océans que le premier, qui, inversement, est plus riche en continents.

Les géographes se sont demandé depuis longtemps s'il ne serait pas possible de tracer sur la Terre un grand cercle qui partagerait le globe en deux hémisphères tels que l'un contînt la proportion maxima de terres par rapport à l'eau, tandis que l'autre, inversement, contiendrait la proportion maxima d'eau par rapport aux terres. Le pôle de ce grand cercle, situé du côté du maximum de terres, serait donc le *pôle continental* de la Terre, son antipode en serait le pôle océanique.

C'est au géographe français Buache qu'on doit cette idée, émise dès le XVIIIe siècle. L'insuffisance des connaissances géographiques à cette époque ne permettait pas de résoudre le problème avec précision. Au XIXe siècle, quand les découvertes furent assez nombreuses, on chercha la place du pôle continental. Londres, Paris, Amsterdam furent successivement choisis. Des géographes allemands le placèrent dans la Manche, sur le méridien de Greenwich; de Lapparent le situait à Cloyes (Eure-et-Loir), et Penck en indiquait la position à 120^{km} au sud-ouest de Paris.

Le Dr Krümmel, à l'aide d'une méthode de calcul simple, a indiqué le moyen de déterminer les intersections du grand cercle de séparation de l'hémisphère continental et de l'hémisphère océanique avec les divers méridiens, une fois choisi le point qui doit servir de pôle continental, et le Dr Beythien, il y a 15 ans, en 1898, a pu, en appliquant cette méthode, annoncer que le pôle continental devait se trouver sur la côte française de l'Atlantique, non loin de l'embouchure de la Loire.

J'ai cherché à en préciser la position par une construction directe faite sur une mappemonde, sur laquelle, à l'aide d'un arc en cuivre ayant exactement un quadrant, on peut tracer le grand cercle de séparation. L'une des extrémités de l'arc est, à cet effet, fixée par une pointe au point choisi comme pôle provisoire, l'autre porte un style qui trace le grand cercle.

Après différents essais, faits sur de petits globes, j'ai été amené à choisir comme pôle le plus probable l'*île Dumet*, située dans les eaux françaises, au large de l'embouchure de la Vilaine, par 47°24′42″ de latitude nord et 2°37′13″ de longitude ouest de Greenwich. J'ai alors, à l'aide de l'arc de cuivre construit spécialement pour la grande mappemonde de Dietrich Reimer, placé la pointe de l'arc sur l'île Dumet, et j'ai tracé le cercle de séparation, ce qui m'a donné les latitudes de ses intersections avec les divers méridiens. Comme vérification, j'ai recommencé le tracé en prenant comme pôle celui de l'hémisphère océanique, antipode de l'île Dumet, et j'ai obtenu un cercle coïncidant exactement avec le premier.

En reportant sur des cartes en projections *équivalentes* les points ains déterminés sur les divers méridiens, on limitait les parties de territoires que le grand cercle de séparation détache des divers continents.

Le cercle de séparation laisse au-dessus de lui toute l'Europe, toute l'Afrique, toute l'Amérique du Nord et les trois quarts de l'Amérique du Sud : ce sont les terres de l'hémisphère continental. L'hémisphère océanique comprend l'Antarctique, l'Australie et les îles Océaniques, l'archipel Malais et les petites parties détachées de l'Amérique du Sud, de l'Indo-Chine, de la Chine et du Japon.

Pour évaluer les aires de ces portions détachées, je les ai reportées sur une feuille de laiton mince et homogène, j'en ai découpé les contours au burin et je les ai pesées sur une balance de précision. J'ai pesé ensuite un carré de même laiton figurant, à l'échelle de la carte, 1 million de kilomètres carrés : le rapport des poids donnait le rapport des surfaces. J'ai trouvé de la sorte :

Hémisphère continental.	Eau.....	139646839$^{km^2}$.	soit 54,5 pour 100
	Terres...	115403561 »	» 45,5 »
Hémisphère océanique..	Eau.....	226335111 »	» 88,7 »
	Terres...	28715289 »	» 11,3 »

On peut donc dire, en chiffres ronds, que l'hémisphère continental contient autant de terres que d'eau, alors que l'hémisphère océanique renferme neuf fois plus d'eau que de terres.

Il est à remarquer que, en prenant l'île Dumet comme pôle continental, on a un pôle dont les découvertes géographiques ultérieures changeront peu la position, car dans l'hémisphère nord, tout est à peu près découvert. Les précisions à faire sont dans l'Antarctique, mais elles ne changeront en rien le rapport des terres et des mers dans l'hémisphère continental. On peut donc justement considérer l'île Dumet comme pôle continental de la Terre.

Un Mémoire complet donnera le détail des opérations et l'historique de la question.

A 4 heures et demie, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place vacante, dans la Section des Académiciens libres, par le décès de M. *Alfred Picard*, présente, par l'organe de M. F. Guyon, Président de l'Académie, la liste suivante :

En première ligne	M. Arnaud de Gramont
En deuxième ligne, par ordre alphabétique.	MM. Paul Janet Maurice Leblanc A. Rosenstiehl
En troisième ligne, par ordre alphabétique.	MM. Georges Claude Maurice d'Ocagne

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 5 heures un quart.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 19 MAI 1913.

Jubilé scientifique de M. Albin Haller, 2 février 1913. Paris, Lahure, 1913; 1 fasc. in-8°. (Hommage de M. Haller.)

Les aspects de la végétation en Belgique, par CHARLES BOMMER et JEAN MASSART. — *Les districts flandrien et campinien*, par JEAN MASSART. Bruxelles, Jardin botanique de l'État, 1912; 6 pages de texte et 80 planches in-f°, dans un carton formant étui. (Adressé par le Ministère de l'Agriculture et des Travaux publics de Belgique.)

Revision des Mélobésiées antarctiques, par Mme PAUL LEMOINE. (Extr. de l'Ouvrage : *Deuxième Expédition antarctique française*, 1908-1910, *commandée par le Dr* JEAN CHARCOT; *Sciences naturelles : Documents scientifiques. Mélobésiées.*) Paris, Masson et Cie, 1913; 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. Mangin.)

Annales de l'Institut océanographique (Fondation Albert Ier, Prince de Monaco), publiées sous la direction de M. L. JOUBIN. Tome V, fasc. 7 : *Flore algologique de la Tripolitaine et de la Cyrénaïque*, par G.-B. DE TONI et ACH. FORTI. — Fasc. 8 : *Opistobranches nus des côtes de la Nouvelle-Zemble* (Mission Ch. Bénard, 1908), par A. VAYSSIÈRE. Paris, Masson et Cie, 1913; 2 fasc. in-4°.

Proof of Fermat's theorem, by MICHAEL ANGELO MC GINNIS. Washington, L.-C. Hjorth et fils, s. d.; 1 fasc. in-12.

Observatoire royal de Belgique. *Annuaire météorologique pour* 1913, publié par les soins de J. VINCENT, Directeur scientifique du Service météorologique. Bruxelles, Hayez, 1912; 1 vol. in-12.

Annalen der Schweizerischen meteorologischen Zentral-Anstalt, 1911; Jahrgang 48. Zurich, Zurcher et Furrer, s. d.; 1 vol. in-4°.

Library of Congress. *Report of the Librarian Congress and Report of the Superintendent of the Library building and grounds, for the fiscal year ending june* 30 1912. Washington, 1912; 1 vol. in-8°.

List of North American land Mammals in the United States national Museum, 1912, by GERRIT S. MILLER jr (Smithsonian Institution. United States national Museum. *Bulletin* 79.) Washington, 1912; 1 vol. in-8°.

Bulletin of the Bureau of Fisheries: t. XXX, 1910. Washington, 1912; 1 vol. in-4°.

Indian fish of proved utility as mosquito destroyers, by R.-B. SEYMOUR SEWELL and B.-L. CHAUDHURI. Calcutta, 1912; 1 fasc. in-8°.

Revista da Universidad de Coïmbra; t. II, n° 1, março de 1913. Coïmbre, 1 fasc. in-4°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 26 MAI 1913.

Ministère des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes. *Nivellement général de la France : Compte rendu des travaux exécutés en* 1912. (Hommage de M. Ch. Lallemand.)

Recherches géobotaniques sur les forêts et sols fossiles et sur la végétation et la flore houillères; en deux parties et dix livraisons, par F.-CYRILLE GRAND'EURY, Correspondant de l'Institut; 1re Partie, 1re et 2e livraisons. Paris et Liége, Ch. Béranger, 1912-1913; 2 fasc. in-4°. (Hommage de l'auteur.)

Un Carton inconnu de Raphaël, par ÉMILE WAUTERS, Correspondant de l'Institut. Paris, imp. Herbert Clarke, 1911; 1 fasc. in-8° oblong. (Présenté par M. Lippmann. Hommage de l'auteur.)

Sur l'origine de la division de l'Orthophyte en un Sporophyte et un Gamétophyte, par CHARLES JANET. Limoges, Ducourcieux et Gout, 1913; 1 fasc. in-8°.

Le rôle de l'expérimentation en Géographie botanique, par JEAN MASSART. (Extr. du *Recueil de l'Institut botanique Léo Errera;* t. IX, p. 68-80.) Bruxelles, H. Lamertin, 1912; 1 fasc. in-4°.

Mémoires de la Société zoologique de France; t. XXV. Paris, au siège de la Société, 1912; 1 vol. in-8°.

Emanuel Swedenborg as a Scientist. Miscellaneous contributions, edited by ALFRED-H. STROH : t. I, section 1. *Emanuel Swedenborg as a Geologist*, by A.-G. NATHORST. — Section 3. *Emanuel Swedenborg as a Cosmologist*, by SVANTE ARRHENIUS. — Section 4. *The sources of Swedenborg's early philosophy of Nature*, by ALFRED-H. STROH. Stockholm, 1908-1911; 3 fasc. in-4°.

An abridged chronological list of the works of Emanuel Swedenborg, including manuscrits, original editions and translations prior to 1772, compiled by ALFRED-H. STROH and GRETA EKELÖF. Upsal et Stockholm, Almqvist et Wiksells, s. d.; 1 fasc. in-4°.

Participation au Xe Congrès international de Géographie, Rome, 1913. *Notices sur le Bureau hydrographique du* Magistrato alle Acque *et sur quelques-unes des principales systémations fluviales en cours dans la Vénétie*, traduction française de H. GAMBIER. Venise, 1913; 1 fasc. in-4°.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 JUIN 1913.

PRÉSIDENCE DE M. F. GUYON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE MINÉRALE. — *Réactions entre l'eau et l'acide sulfureux à diverses températures. Formation d'acide hydrosulfureux.* Note de MM. **E. Jungfleisch** et **L. Brunel**.

C. Geitner et M. Berthelot ont établi que le gaz sulfureux et l'eau réagissent, à partir de 160°, en donnant du soufre et de l'acide sulfurique. Cette transformation n'ayant jamais été observée à des températures moins élevées, notre attention a été fixée lorsque nous avons constaté fortuitement la production de cette même réaction, ou d'une autre très voisine, effectuée à la température normale. Nous avons été ainsi conduits à préciser les faits et à rechercher si la transformation observée à froid est la même que celle réalisée au-dessus de 160°. Nous avons, en outre, voulu savoir si des phénomènes semblables se produisent à des températures intermédiaires.

Méthodes suivies. — Pour éviter l'intervention de l'oxygène de l'air et aussi toute variation dans la proportion des réactifs, nous avons opéré sur des dissolutions aqueuses d'acide sulfureux, enfermées dans des tubes de verre scellés.

Des essais préalables nous ayant montré que la concentration de la solution influe sur les résultats, nous avons, le plus souvent, opéré sur une solution qui correspond à un même hydrate cristallisable, auquel les auteurs attribuent, il est vrai, des compositions diverses : $SO^2 + 6H^2O$ ou $SO^2 + 7H^2O$. Nous avons préparé cet hydrate dans l'appareil même où il devait être employé : dans un tube à sceller, fermé à une extrémité et étiré à l'autre, on place 20^cm³ d'eau distillée bouillie, et, au moyen d'un tube

étroit, pénétrant jusqu'au fond, on fait arriver dans le liquide un courant de gaz SO^2 provenant de la détente d'anhydride sulfureux liquide. Le tube à sceller contenant le liquide étant entouré de glace, on continue le courant gazeux jusqu'à saturation. La solution reste d'ordinaire liquide pendant quelque temps, mais, maintenue à 0°, elle ne tarde guère à cristalliser; elle se solidifie instantanément au contact d'un petit fragment de glace. On termine en scellant le tube à la lampe. Nous reviendrons sur la nature de l'hydrate dont il s'agit; il suffit ici de dire que le produit contient de 20 à 21 pour 100 de SO^2.

Nous avons aussi utilisé, pour le changement des tubes à l'abri de l'air, le moyen indiqué par M. Villard dans son Mémoire sur l'hydrate sulfureux.

L'action de la chaleur sur le contenu des tubes ainsi disposés a été observée à des températures diverses.

Action vers 150°. — On a déjà dit qu'au-dessus de 150° l'acide sulfureux et l'eau donnent du soufre et de l'acide sulfurique. Berthelot a observé qu'à 160°-180°, la réaction exige 54 heures avec une solution contenant 5,75 de SO^2 pour 100^{cm^3}; encore la transformation n'était-elle pas complète. Avec la solution cristallisable, la réaction est beaucoup plus rapide; nous citerons en premier lieu une expérience dans laquelle l'action de la chaleur a été poussée jusqu'à ce que le soufre séparé ne paraisse plus augmenter de quantité. La solution initiale, contenant $20^g,87$ de SO^2 sur 100^g, a été chauffée au bloc, à 150°-160°, pendant 20 jours, soit 480 heures; du soufre s'était déjà séparé après 2 heures de chauffage; la quantité avait ensuite augmenté avec le temps; à partir du quinzième jour, le dépôt de soufre ne paraissant plus s'accroître, on a, après 20 jours, considéré l'expérience comme terminée. Le liquide contenait cependant encore de l'anhydride sulfureux en abondance; on y a dosé le soufre et l'acide sulfurique; le soufre, lavé et séché, pesait $0^g,6690$; les liqueurs réunies contenaient $4^g,0430$ de SO^4H^2. Le rapport entre le soufre et l'acide sulfurique était ainsi 16,54 de soufre pour 100 de SO^4H^2; or, l'équation



$$3SO^2 + 2H^2O = S + 2SO^4H^2,$$

qui représente la réaction telle qu'elle a été comprise jusqu'ici, conduit au rapport 16,32 de soufre pour 100 de SO^4H^2. La concordance est satisfaisante.

D'après les chiffres précédents, on calcule que la liqueur contenait encore, après 480 heures de chauffage, le tiers environ de l'acide sulfureux initial. Nous reviendrons sur les causes de l'arrêt apparent de la réaction :

on établira plus loin, en effet, que celle-ci est beaucoup moins rapide à mesure que la liqueur s'appauvrit en acide sulfureux; en outre, l'acide sulfurique formé entrave la réaction. La solution chauffée était donc vraisemblablement susceptible de donner encore du soufre, mais avec lenteur.

Dans le liquide, chauffé un peu avant qu'il dépose du soufre, il est possible, si l'on est averti, de reconnaître le développement d'une très faible coloration jaune, que l'on observe plus intense dans les expériences effectuées à des températures moins élevées.

Action vers 130°. — A 130°, les mêmes transformations se produisent, mais plus lentement; le liquide commence à déposer du soufre après 12 heures de chauffage; un peu auparavant, après 5 heures, il a acquis une faible coloration jaune, qui disparaît lorsque le soufre s'est déposé.

Il en est de même à 120°-130°.

Action vers 100°. — Le liquide sulfureux cristallisable a été chauffé vers 100° en tubes scellés, dans de nombreuses circonstances. En général, la température a été maintenue régulière entre 98° et 100° dans un bloc. Dans les tubes ainsi chauffés, si l'on observe de temps en temps le liquide, on constate qu'il commence, après 72 heures, à prendre une teinte jaune dont l'intensité augmente avec le temps; après 98 heures, la coloration ambrée est très accentuée, mais la solution reste limpide; plus tard, la teinte jaune diminue d'intensité, puis elle disparaît rapidement, en même temps que le soufre se dépose : le produit contient alors, avec de l'acide sulfureux, du soufre et de l'acide sulfurique, dans des proportions que l'analyse a montrées semblables à celles trouvées dans les expériences à 150°.

La liqueur jaune formée par l'action prolongée de la chaleur est assez stable; si on laisse refroidir le tube et qu'on ouvre sa pointe, du gaz sulfureux s'échappe en abondance; la transformation de l'anhydride sulfureux n'a donc été que partielle. La coloration jaune subsiste après le départ du gaz sulfureux.

L'acide hydrosulfureux étant le seul composé oxygéné du soufre dont la coloration puisse dénoncer ici l'existence, nous avons recherché s'il ne constituerait pas le produit coloré.

Il a été constaté que la liqueur jaune décolore instantanément le sulfate d'indigo, comme le fait l'acide hydrosulfureux, ou une solution d'hydrosulfite additionnée d'acide sulfureux; or, si les solutions d'acide sulfureux ont été tenues à l'abri de la lumière, leur action sur le même réactif est

faible et lente. La liqueur jaune décolore aussi le tournesol avec rapidité. Elle présente, en outre, d'autres réactions propres à l'acide hydrosulfureux.

Tout d'abord, sous l'action prolongée de la chaleur, la liqueur jaune dépose du soufre et se charge d'acide sulfurique. Une solution étendue d'acide hydrosulfureux se conduit de même dans des circonstances semblables.

La solution jaune, traitée par les sels d'argent, donne instantanément du métal. Elle réduit de même le chlorure mercurique, le chlorure d'or et le chlorure de platine, dans des conditions identiques à celles où une solution d'acide hydrosulfureux les réduit.

Avec le sulfate de cuivre, il se produit un précipité brun; lorsque le mélange est très dilué, il prend une coloration rouge, due au cuivre colloïdal, dans une réaction donnée comme caractéristique pour l'acide hydrosulfureux.

La coloration jaune prise à chaud par la solution cristallisable d'acide sulfureux est donc bien due à l'acide hydrosulfureux.

La liqueur décolorée par dépôt de soufre et formation d'acide sulfurique reste, avons-nous dit, fortement chargée d'acide sulfureux. Chauffée de nouveau vers 100°, dans les conditions précédentes, elle ne reprend pas la coloration jaune, mais elle continue à déposer lentement du soufre. La transformation qui donne naissance à l'acide hydrosulfureux peut cependant se poursuivre lorsque l'acide hydrosulfureux formé d'abord a été détruit. Elle se poursuit notamment, mais avec lenteur, sous l'action de la lumière, quand le liquide décoloré par la réaction est abandonné à lui-même, dans le tube scellé, sur la table du laboratoire. Nous verrons, en effet, que la lumière intervient dans le même sens que la chaleur pour produire l'acide hydrosulfureux aux dépens de l'acide sulfureux et de l'eau.

Nous avons cherché à doser l'acide hydrosulfureux dans le liquide devenu jaune sous l'action de la chaleur. Les modes de dosage habituels ne nous ont pas donné de résultats satisfaisants, à cause de la présence du grand excès de SO^2. En opérant sur des mélanges d'hydrosulfite et d'acide sulfureux, on rencontre d'ailleurs les mêmes obstacles. A ce sujet, nous avons reconnu que les solutions d'acide hydrosulfureux prennent une plus grande stabilité lorsqu'elles sont chargées d'acide sulfureux.

Par quelles réactions l'acide hydrosulfureux prend-il naissance dans ces circonstances? Nos expériences nous conduisent à admettre que sa formation résulte d'une combinaison qui donne l'acide hydrosulfureux et

l'acide sulfurique, à molécules égales :



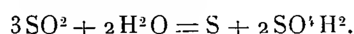
$$3\,SO^2 + 2\,H^2O = S^2O^4H^2 + SO^4H^2.$$

Une seconde réaction détruirait ensuite l'acide hydrosulfureux en donnant du soufre et de l'acide sulfurique :



$$S^2O^4H^2 = S + SO^4H^2;$$

de telle sorte que la réaction totale serait :



$$3\,SO^2 + 2\,H^2O = S + 2\,SO^4H^2.$$

Nous avons constaté maintes fois que le rapport du soufre à l'acide sulfurique correspond finalement à celui indiqué par cette relation : 16,3 de soufre pour 100 de SO^4H^2.

Dans les dosages ainsi pratiqués, l'acide sulfurique provenant de la première réaction a été pesé en même temps que celui qui résulte de la seconde.

Il semble que l'accroissement de la proportion d'acide sulfurique, dû à la première réaction, intervienne à partir d'une certaine limite pour provoquer la destruction de l'acide hydrosulfureux conformément à la seconde réaction. L'acide hydrosulfureux et l'acide sulfurique s'accumulant dans la liqueur, il arrive un moment où la destruction de l'acide hydrosulfureux commence.

Action vers 68°-70°. — A 68°-70°, les expériences ont été pratiquées dans des conditions très diverses. Elles ont donné lieu aux mêmes phénomènes ; leur caractère spécial est que les transformations se succèdent avec beaucoup plus de lenteur qu'à 100°. La coloration jaune ne se manifeste qu'après une cinquantaine de jours, le dépôt du soufre commençant plusieurs jours après. Le liquide jaune présente les caractères de l'acide hydrosulfureux.

Des expériences comparatives ont été effectuées à cette température pour reconnaître l'influence de la concentration de la solution d'acide sulfureux sur la rapidité de la réaction. Elles ont montré que la durée des réactions s'accroît considérablement à mesure que la dilution de la liqueur augmente. Le rapprochement entre ces expériences et celles pratiquées à plus haute température a fait reconnaître que la durée des transformations diminue alors que la température est plus élevée.

Action vers 15°. — La réaction est la même à la température ordinaire qu'à chaud, mais elle ne se réalise qu'avec une lenteur extrême. Constatée

dans une expérience prolongée pendant une dizaine d'années, elle a été l'occasion de nos premières observations. Au commencement de 1899, pour une expérience plus tard abandonnée, on avait enfermé dans des tubes scellés du gaz sulfurique liquéfié et de l'eau dans les proportions $SO^2 + H^2O$, $2SO^2 + H^2O$, $SO^2 + 2H^2O$. Après 9 ans de séjour dans un endroit obscur, les liquides, qui avaient d'abord conservé leur limpidité, étaient en abondance mélangés d'une matière cristalline jaunâtre, constituée par du soufre; de l'anhydride sulfureux subsistait dans le mélange et la liqueur aqueuse était chargée d'acide sulfurique. L'analyse a établi que la réaction effectuée dans ces tubes est la même que celle produite entre l'acide sulfureux et l'eau sous l'action de la chaleur.

Conclusions. — De nos expériences, dont les détails seront publiés ailleurs, on peut conclure que l'eau et l'anhydride sulfureux réagissent à des températures inférieures à 160°, et même à la température ordinaire. La réaction est d'autant plus lente que la solution sulfureuse est moins concentrée et la température moins élevée.

On avait reconnu antérieurement qu'au-dessus de 160° la transformation produit du soufre et de l'acide sulfurique; ce sont là, en effet, les termes ultimes de la réaction. Nous avons établi que cette production de soufre et d'acide sulfurique se réalise en deux phases. Dans une première, l'eau et l'anhydride sulfureux donnent naissance à l'acide hydrosulfureux et à l'acide sulfurique. Dans une deuxième phase, l'acide hydrosulfureux se dédouble en soufre et acide sulfurique.

Ces transformations paraissent accompagnées d'actions secondaires, mais celles-ci ne portent que sur des quantités de matières extrêmement faibles.

On s'est borné ici à constater, lorsqu'il y avait lieu, la formation du soufre. Celui-ci se sépare sous des états qui varient avec les circonstances de l'expérience. Il a été ainsi possible, au cours de ces recherches, de relever quelques observations, qu'il ne sera pas inutile d'exposer, relativement aux états multiples pris par ce métalloïde.

OCÉANOGRAPHIE. — *Vingt-cinquième campagne scientifique* (Hirondelle II). Note de S. A. S. le Prince **Albert de Monaco.**

J'ai conduit cette campagne dans la région des Açores et de Madère après avoir quitté Toulon le 19 juillet 1912, et je l'ai terminée au Havre

le 4 septembre. L'*Hirondelle* étendit ses recherches vers l'Ouest jusqu'à 35°,43 de longitude ouest par 39° 18′ latitude nord.

Quelques opérations avec les filets bathypélagiques avaient eu lieu dans la Méditerranée au mois d'avril.

Le personnel scientifique embarqué se composait de MM. le Dr Richard, directeur du Musée océanographique de Monaco; Gain, algologiste; Ranc, physiologiste; Odon de Buen, docteur ès sciences, envoyé par les laboratoires biologiques espagnols; Bourée, lieutenant de vaisseau; Tinayre, artiste peintre.

Le commandant d'Arodes me secondait pour la navigation.

Les travaux scientifiques se répartissent entre les opérations suivantes :

31 sondages dont 5 avec le tube sondeur Buchanan jusqu'à 4135m, 8 avec le sondeur Léger jusqu'à 1883m et 18 avec lest seul jusqu'à 5300m. 1 prélèvement d'eau avec température à 4135m.

3 opérations de chalut à étriers jusqu'à la profondeur de 5300m qui, tout en rapportant de précieuses récoltes, n'ont rien fourni de nouveau, parce que les êtres qui vivent sur le fond même et qui sont accessibles à l'engin susdit nous sont à peu près tous connus, au moins en ce qui concerne cette région de l'Atlantique.

5 descentes de palancres à gros hameçons jusqu'à 1500m et qui ont donné, comme précédemment, plusieurs espèces de Squales; un *Centrophorus squamosus* portait un Copépode parasite sans doute nouveau, d'après le Dr Brian, et appartenant à la famille des Lernœopodidés.

3 nasses en eau profonde et qui ont été perdues.

2 pêches au large, avec projecteur électrique, ayant procuré des Poissons, des Calmars et des Crustacés.

6 opérations jusqu'à 2500m avec le filet Richard à grande ouverture, pour la recherche des petits organismes de la faune bathypélagique. On ne peut leur attribuer jusqu'ici qu'un résultat digne d'être signalé : la présence d'une petite larve de poisson, porteur d'yeux télescopiques et voisine de *Aulastoma longipes*.

21 opérations avec le filet Bourée en vitesse, jusqu'à 4500m. Comme pendant les dernières campagnes, les filets de ce groupe, plus ou moins modifiés pour permettre la capture des animaux de taille moyenne appartenant à la faune bathypélagique, ont servi pour la continuation des recherches qui formaient le but principal de ces campagnes.

Le filet en question a rapporté de nombreux Poissons parmi lesquels M. Zugmayer estime que la Science gagnera six espèces nouvelles et un genre nouveau : 1 Aleposomus, 2 Eustomias, 1 Astronesthes myriaster, 1 Melanostomias, 1 Arcitostomias.

Ces opérations ont également fourni des larves extrêmement rares pour lesquelles M. Roule n'a pu encore déterminer les Poissons auxquels elles

appartiennent. Ce savant établit, néanmoins, la nouveauté de l'une d'elles qui est longue d'environ 11^{cm} et caractérisée par de grands yeux télescopiques, ainsi que par une abondante pigmentation en taches irrégulièrement disséminées. Elle ne provient pas d'une profondeur plus grande que 1000^{m}.

Le résultat le plus intéressant de ces opérations est la confirmation du fait signalé par moi voici déjà bien des années et récemment encore par Murray et Hjort, concernant la migration verticale diurne et nocturne de certains organismes. Seulement nous trouvons aujourd'hui beaucoup plus d'ampleur à ces oscillations qui semblent amener, pendant la nuit, vers 200^{m} de la surface des animaux que, le jour, on ne retrouve plus que vers 4500^{m}. Les opérations du filet Bourée permettent la même observation en ce qui concerne des Crevettes et des Céphalopodes. Ces derniers animaux, pris en grand nombre et examinés par M. Joubin, ont été reconnus très intéressants, bien qu'ils ne nous apportent aucune nouveauté remarquable. Tous proviennent d'opérations atteignant 4500^{m}, représentent la faune pélagique, sont adaptés à la natation et habitent les niveaux éloignés du fond, sans jamais ramper sur le sol. La plupart sont à peine connus et beaucoup sont porteurs d'organes producteurs de lumière.

Je citerai un exemplaire de *Meleagroteuthis Hoyli* Pfeffer dont la peau renferme des plaques cornées hérissées d'épines; il est muni de plusieurs centaines d'appareils lumineux qui en font un des Céphalopodes les plus étincelants. Plusieurs exemplaires des *Histioteuthidæ*. Cinq *Pyroteuthis Margaritifera* Rüppell dont les yeux portent des perles du plus bel orient et lumineuses. Un *Teuthonenia Joubini* dont le jeune seul était connu. Cinq *Galiteuthis armata* aux yeux noirs énormes, tandis que leur corps est presque incolore et transparent. Une *Liocranchia* nouvelle. Plusieurs espèces de Céphalopodes octopodes, notamment *Eledonella diaphana* très mal adaptée à la natation, mais qui se défend contre ses ennemis par une extrême transparence.

Le petit filet Bourée, en vitesse, a servi une fois jusqu'à 500^{m} pour aider aux observations ci-dessus mentionnées.

197 opérations, pour la recherche du plankton, ont été effectuées avec le filet fin étroit de Richard sur tout le parcours de la campagne.

Dix séries d'opérations permettant de doser le plankton microscopique d'après le niveau et le moment de la journée, afin d'établir le rapport qui existe entre ces deux éléments, ont été exécutées par M. Gain. Dans ce but un tuyau en caoutchouc était descendu successivement à plusieurs niveaux jusqu'à celui de 100^{m} et chaque fois 1^{vol} d'eau fixe était aspiré par une

pompe. On tamisait ensuite ce volume d'eau pour en extraire les produits recherchés.

Enfin M. Albert Ranc a entrepris une étude complète de la glycémie chez les animaux marins dans le but de vérifier la loi physiologique du parallélisme des niveaux thermométrique et glycémique et d'apporter une contribution à l'étude de la fonction glycogénique chez les animaux à forte réserve de graisse hépatique.

Un certain nombre d'expériences furent faites sur le sang de la tortue de mer (*Thalassochelys caretta*). Elles ont donné les résultats suivants :

	Sucre libre pour 1000 de sang.	Sucre combiné pour 1000 de sang.
	g	g
Tortue n° 1	0,85	1,25
» n° 2	0,82	1,13
» n° 3	0,97	1,11

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Remarque élémentaire sur le problème des ondes sphériques.* Note de M. **Pierre Duhem.**

Tout le monde sait que Dalembert a intégré l'équation des petits mouvements dans le cas où, à chaque instant, la valeur de la fonction inconnue ne dépend que de la distance à un plan fixe. On sait aussi comment, de ce premier résultat, Euler a déduit l'intégrale de la même équation dans le cas où, à chaque instant, la valeur de la fonction inconnue ne dépend que de la distance à un point fixe. Le procédé qui a permis à Euler de déduire la solution du second problème de la solution du premier problème est susceptible de s'étendre à un grand nombre d'équations autres que l'équation des petits mouvements; nous ne savons si l'on en a fait la remarque, qui est tout élémentaire.

Un LEMME nous servira de point de départ. Soit $U(x, y, z)$ une fonction des coordonnées rectangulaires x, y, z, d'un point variable dans l'espace; cette fonction peut dépendre aussi du temps t. Désignons par Δ^k le résultat de l'opération $\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$ répétée k fois de suite.

Si la fonction U *ne dépend de* x, y, z *que par l'intermédiaire de la distance* r *à l'origine* O *des coordonnées, on a*

$$\Delta^k U = \frac{1}{r}\frac{d^{2k}}{dr^{2k}}(rU). \tag{1}$$

Pour établir ce lemme, on justifie l'égalité (1), par un calcul direct, en supposant k égal à l'unité. On démontre ensuite que si l'égalité (1) est vraie jusqu'à une certaine valeur de k, elle l'est encore pour la valeur $(k+1)$. En effet, en vertu de l'égalité (1), on a

$$\Delta^{k+1}\mathrm{U} = \Delta\left[\frac{1}{r}\frac{d^{2k}}{dr^{2k}}(r\mathrm{U})\right].$$

Mais la formule (1) étant vraie lorsque $k=1$, le second membre de l'égalité précédente se réduit à

$$\frac{1}{r}\frac{d^{2(k+1)}}{dr^{2(k+1)}}(r\mathrm{U}).$$

Ce lemme posé, considérons une fonction U (x, y, z, t) qui soit assujettie à vérifier cette équation aux dérivées partielles

$$\begin{aligned}(2)\qquad & \mathrm{L}_0\mathrm{U} + \mathrm{L}_1\frac{\partial\mathrm{U}}{\partial t} + \mathrm{L}_2\frac{\partial^2\mathrm{U}}{\partial t^2} + \ldots + \mathrm{L}_l\frac{\partial^l\mathrm{U}}{\partial t^l}\\ & + \mathrm{M}_0\Delta\mathrm{U} + \mathrm{M}_1\Delta\frac{\partial\mathrm{U}}{\partial t} + \ldots + \mathrm{M}_m\Delta\frac{\partial^m\mathrm{U}}{\partial t^m}\\ & + \mathrm{N}_0\Delta^2\mathrm{U} + \mathrm{N}_1\Delta^2\frac{\partial\mathrm{U}}{\partial t} + \ldots + \mathrm{N}_n\Delta^2\frac{\partial^n\mathrm{U}}{\partial t^n}\\ & + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\ & + \mathrm{P}_0\Delta^k\mathrm{U} + \mathrm{P}_1\Delta^k\frac{\partial\mathrm{U}}{\partial t} + \ldots + \mathrm{P}_p\Delta^k\frac{\partial^p\mathrm{U}}{\partial t^p} = 0,\end{aligned}$$

où les L, M, N, ..., P sont des constantes.

Imaginons qu'à chaque instant t, la valeur de la fonction U ne dépende que de la distance r à l'origine des coordonnées. Dans l'équation (2), remplaçons tous les Δ par leurs valeurs tirées de la formule (1), et posons

$$(3)\qquad r\mathrm{U} = \mathrm{V}(r, t).$$

Après multiplication par r, l'équation (2) deviendra

$$\begin{aligned}(4)\qquad & \mathrm{L}_0\mathrm{V} + \mathrm{L}_1\frac{\partial\mathrm{V}}{\partial t} + \mathrm{L}_2\frac{\partial^2\mathrm{V}}{\partial t^2} + \ldots + \mathrm{L}_l\frac{\partial^l\mathrm{V}}{\partial t^l}\\ & + \mathrm{M}_0\frac{\partial^2\mathrm{V}}{\partial r^2} + \mathrm{M}_1\frac{\partial^2}{\partial r^2}\frac{\partial\mathrm{V}}{\partial t} + \ldots + \mathrm{M}_m\frac{\partial^2}{\partial r^2}\frac{\partial^m\mathrm{V}}{\partial t^m}\\ & + \mathrm{N}_0\frac{\partial^4\mathrm{V}}{\partial r^4} + \mathrm{N}_1\frac{\partial^4}{\partial r^4}\frac{\partial\mathrm{V}}{\partial t} + \ldots + \mathrm{N}_n\frac{\partial^4}{\partial r^4}\frac{\partial^n\mathrm{V}}{\partial t^n}\\ & + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\ & + \mathrm{P}_0\frac{\partial^{2k}\mathrm{V}}{\partial r^{2k}} + \mathrm{P}_1\frac{\partial^{2k}}{\partial r^{2k}}\frac{\partial\mathrm{V}}{\partial t} + \ldots + \mathrm{P}_p\frac{\partial^{2k}}{\partial r^{2k}}\frac{\partial^p\mathrm{V}}{\partial t^p} = 0.\end{aligned}$$

Or cette équation (4), c'est ce que devient l'équation (2) lorsqu'à la fonction U on substitue une fonction V qui ne dépende que de t et de la distance r à un plan fixe.

On voit qu'*en tout problème qui dépendra d'une équation du type* (2), *on obtiendra l'intégrale générale* $U(r, t)$ *du problème particulier des ondes sphériques en prenant l'intégrale générale* $V(r, t)$ *du problème particulier des ondes planes et en la divisant par* r.

L'intérêt de cette remarque est accru par cette autre remarque qui se démontre sans peine :

Le type (2) *est le type le plus général d'équation aux dérivées partielles linéaire, à coefficients constants et sans second membre à laquelle puisse satisfaire une fonction* $U(x, y, z, t)$, *si cette équation doit garder sa forme par tout changement de coordonnées rectangulaires.*

Or cette invariance sera requise toutes les fois que $U(x, y, z, t)$ représentera, à chaque instant, la valeur d'une certaine propriété physique au point (x, y, z) d'un milieu isotrope et homogène.

Dès lors, il est naturel que le type (2) renferme, à titre de cas particuliers, diverses équations aux dérivées partielles, linéaires et à coefficients constants, qu'on rencontre en Physique mathématique. Telles sont :

1° L'équation des petits mouvements :

$$a^2 \Delta U - \frac{\partial^2 U}{\partial t^2} = 0.$$

2° L'équation de la conductibilité de la chaleur :

$$a^2 \Delta U - \frac{\partial U}{\partial t} = 0.$$

3° L'équation *des télégraphistes* généralisée :

$$a^2 \Delta U - b^2 \frac{\partial U}{\partial t} - \frac{\partial^2 U}{\partial t^2} = 0.$$

Cette équation, dont M. Boussinesq a fait connaître l'intégrale générale, régit le champ électrique transversal dans un milieu à la fois conducteur et diélectrique.

4° L'équation

$$a^2 \Delta \frac{\partial U}{\partial t} + b^2 \Delta U - \frac{\partial^2 U}{\partial t^2} = 0.$$

Cette équation régit les petits mouvements des fluides visqueux, ceux des solides isotropes visqueux, et le champ électrique longitudinal au sein des milieux conducteurs. Le problème des ondes planes dépendant d'une telle équation a fait l'objet des récents travaux de M. Louis Roy.

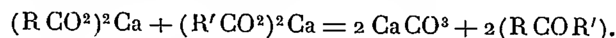
5° L'équation

$$a^2 \Delta \frac{\partial U}{\partial t} - \frac{\partial^3 U}{\partial t^3} + c^2\left(b^2 \Delta U - \frac{\partial^2 U}{\partial t^2}\right) = 0,$$

qui régit le champ électrique longitudinal dans un milieu à la fois conducteur et diélectrique.

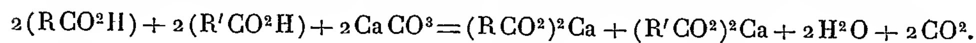
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'emploi du carbonate de calcium comme catalyseur des acides organiques et de leurs anhydrides.* Note de MM. **Paul Sabatier** et **A. Mailhe.**

I. La calcination des sels de calcium fournis par les acides organiques monobasiques a procuré depuis longtemps une méthode générale de préparation des acétones : l'emploi d'un sel unique conduit aux acétones symétriques; celui du mélange des sels de deux acides conduit aux acétones mixtes. La formule générale de la réaction est



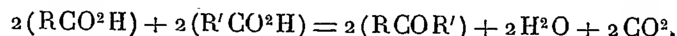
$$(RCO^2)^2Ca + (R'CO^2)^2Ca = 2\,CaCO^3 + 2(RCOR').$$

Si le carbonate de calcium ainsi engendré est mis en présence de nouvelles molécules des mêmes acides, il régénère les sels de calcium



$$2(RCO^2H) + 2(R'CO^2H) + 2\,CaCO^3 = (RCO^2)^2Ca + (R'CO^2)^2Ca + 2\,H^2O + 2\,CO^2.$$

Ces derniers pourront de nouveau par calcination être transformés en acétones. Par conséquent une dose limitée de carbonate de calcium suffira, par une série d'opérations successives alternées, à transformer des quantités illimitées d'acides; la réaction totale étant en réalité représentée par la formule



$$2(RCO^2H) + 2(R'CO^2H) = 2(RCOR') + 2\,H^2O + 2\,CO^2.$$

Il est naturel qu'on ait songé à superposer les deux réactions, en faisant agir les acides sur le carbonate de calcium à la température où leurs sels de calcium se détruisent selon le premier stade. On est ainsi conduit à une transformation catalytique des acides en acétones, et Conroy a cité, comme

exemple classique de catalyse pratique, cette réaction effectuée par Squibb sur les vapeurs d'acide acétique pour préparer l'acétone ordinaire ([1]).

L'emploi comme catalyseur, dans cette réaction, de l'*oxyde de thorium*, dont nous avons signalé les premiers la remarquable valeur catalytique vis-à-vis des alcools ([2]), a conduit M. Senderens à des résultats très avantageux pour la préparation des acétones symétriques ou mixtes; mais ce dernier a, au contraire, indiqué que les résultats fournis par le carbonate de calcium sont très mauvais, sauf pour l'acide acétique ([3]).

Ayant été amenés, au cours d'autres essais, à reprendre l'étude de cette question, nous avons employé comme catalyseur, non pas le marbre pulvérisé, qui est visiblement de surface médiocre, mais le carbonate de calcium précipité, dont une traînée longue de 15^{cm} à 40^{cm} était chauffée vers 450° à 500° et soumise aux vapeurs de l'acide ou du mélange de deux acides.

Comme l'avait vérifié Conroy, l'*acide acétique* donne sans perturbations un rendement à peu près total en *propanone* pure, dans laquelle on ne trouve pas à dose appréciable les produits accessoires que Fittig avait signalés dans les produits de la calcination de l'acétate de calcium, acétones en C^4, en C^5, et cyclopentanone ([4]).

L'*acide propionique* donne, avec un rendement de 86 pour 100, la *diéthylcétone*, accompagnée d'un peu de *propanal*. 12 pour 100 de l'acide ont traversé sans être dédoublés : 2 pour 100 ont donné lieu à un émiettement de l'acétone en gaz inflammables, éthylène, hydrogène et oxyde de carbone.

Ces actions destructives, manifestées par la présence dans l'anhydride carbonique dégagé de gaz inflammables réducteurs, deviennent plus importantes quand on complique la molécule de l'acide. Une portion de ce dernier peut être réduite en aldéhyde correspondant.

Toutefois la catalyse demeure satisfaisante avec l'*acide butyrique normal*. Sur 100 parties de cet acide, 77 ont fourni la *dipropylcétone*, 5 ont donné du *butanal*, 5 ont survécu, 13 ont été dédoublées en produits gazeux.

L'*acide isobutyrique* a donné un rendement de 35 pour 100 en *diisopropylcétone*. L'*acide valérique normal* fournit un rendement de 32 pour 100 en *dibutylcétone*, mais avec une dose de *valéral* qui correspond au dixième de l'acide.

Le rendement en *diisobutylcétone* fournie par l'*acide isovalérique* ne

---

([1]) CONROY, *Revue générale des Sciences*, t. XIII, 1902, p. 563.
([2]) P. SABATIER et MAILHE, *Comptes rendus*, t. 147, 1909, p. 106.
([3]) J.-B. SENDERENS, *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 1518.
([4]) FITTIG, *Ann. Chem. Pharm.*, t. CX, p. 17.

dépasse guère 25 pour 100, avec une formation latérale, atteignant 12 pour 100, d'*aldéhyde isovalérique* qu'on peut isoler facilement et purifier par sa combinaison bisulfitique.

Il convient de rappeler à ce sujet que Schmidt avait indiqué que la calcination du valérate de calcium donne surtout de l'aldéhyde valérique et seulement de petites proportions de l'acétone [1].

Le carbonate de calcium conserve d'ailleurs, sans affaiblissement notable, son activité catalytique et, quoique noirci par un dépôt de quelques produits charbonneux, il peut servir à réaliser un grand nombre d'opérations successives.

Son emploi, très commode pour la préparation de la propanone et de la diéthylcétone, est certainement, pour la production des autres acétones forméniques symétriques, bien moins avantageux que celui de la thorine indiqué par M. Senderens et que celui de l'oxyde de cadmium ou de l'oxyde ferreux indiqués par l'un de nous : mais néanmoins, il conduit à des résultats positifs importants qu'il était intéressant de rapprocher de l'ancienne méthode de formation par la calcination des sels de calcium.

II. La calcination du *benzoate de calcium* est pratiquement employée dans les laboratoires pour préparer la *benzophénone :* on aurait pu prévoir que le carbonate de calcium pourrait servir à catalyser l'*acide benzoïque* en benzophénone. En réalité, il n'en est rien, pas plus d'ailleurs qu'avec la thorine et les autres oxydes catalyseurs. Le dédoublement du benzoate de calcium exige une température voisine de 550° : à cette température les vapeurs d'acide benzoïque tendent, en vertu d'une réaction classique bien connue, à se scinder en *benzène* et anhydride carbonique, qui sont effectivement les seuls produits du dédoublement.

Au contraire, de même qu'avec la thorine (Senderens) ou avec les oxydes de cadmium ou de fer (Mailhe), on peut avantageusement catalyser sur le carbonate de calcium un mélange d'acide benzoïque et d'un acide forménique et obtenir l'acétone mixte correspondante.

En opérant avec 2^{mol} d'acide acétique mélangées à 1^{mol} d'acide benzoïque, on obtient transformation totale de l'acide acétique et l'on isole $0^{mol},65$ d'*acétophénone* pure et $1^{mol},3$ d'acétone ordinaire.

Un mélange d'acide benzoïque et d'acide propionique a fourni l'*éthylphénylcétone* avec un rendement de 75 pour 100.

---

(1) SCHMIDT, *Ber. chem. Ges.*, t. V, p. 600.

III. Les *anhydrides d'acides* devant réagir sur le carbonate de calcium pour donner les sels correspondant aux acides, on pouvait prévoir que si l'on dirige sur ce carbonate maintenu à une température convenable les vapeurs d'un anhydride d'acide organique monobasique, le sel engendré se détruira de suite en acétone symétrique et carbonate de calcium régénéré qui peut reproduire indéfiniment la même réaction.

Nous avons vérifié qu'il en est bien ainsi pour les divers anhydrides des acides forméniques entre 450° et 500°.

L'*anhydride acétique* fournit la *propanone;* l'*anhydride propionique* fournit la *diéthylcétone* avec d'excellents rendements.

L'*anhydride isovalérique* donne 52 pour 100 de *diisobutylcétone*, accompagnée de 17 pour 100 d'*aldéhyde isovalérique*, dont la formation est corrélative d'un certain émiettement de la molécule en gaz combustibles.

Les acétones mixtes peuvent être, de la même manière, engendrées en catalysant sur le carbonate de calcium les vapeurs du mélange de deux anhydrides. En opérant à 500° sur volumes égaux des *anhydrides propionique* et *butyrique*, nous avons obtenu un produit, qui par distillation fractionnée a fourni, à côté d'un peu de *butanal*, des volumes à peu près égaux de *diéthylcétone* (b. 103°) et d'*éthylpropylcétone* (b. 123°), avec un volume moindre de *dipropylcétone* (b. 142°).

Avec l'*anhydride benzoïque,* on n'observe au-dessous de 500° qu'une simple formation de benzoate de calcium encore indécomposé à cette température. Mais si l'on chauffe au-dessus de 550°, le benzoate ne peut subsister, et l'on obtient une catalyse, assez complexe à cause d'une destruction pyrogénée qui commence à s'introduire. L'anhydride carbonique dégagé renferme de l'oxyde de carbone, et l'on recueille un liquide rougeâtre qui contient du benzène, de l'acide benzoïque et des produits supérieurs.

La portion qui distille entre 250° et 350°, bouillie avec de la soude diluée pour éliminer l'acide benzoïque et l'anhydride qui aurait pu survivre, fournit un liquide jaunâtre, qui cristallise au contact d'un cristal de benzophénone et abandonne ainsi une dose assez importante de *benzophénone.* Celle-ci a été caractérisée aisément par sa forme et son point de fusion de 48°. Nous avons préparé son *oxime*, qui fond à 140° et fuse par surchauffe : l'oxime a été réduite, par l'amalgame de sodium et l'alcool, en *benzhydrylamine* huileuse qui attire l'anhydride carbonique de l'air en cristaux fondant à 91°.

Les divers oxydes catalyseurs, thorine, oxydes de fer, de cadmium, etc.,

ne donnent dans les conditions qui précèdent aucune formation de benzophénone.

Nous avons également constaté, dans la réaction qui précède, la production de quantités notables d'*anthraquinone* facile à caractériser. Il convient de rappeler que ce produit existe toujours dans les produits issus de la calcination du benzoate de calcium [1].

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section des Académiciens libres, en remplacement de M. *Alfred Picard*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 60,

M. Arnaud de Gramont	obtient......	39	suffrages
M. M. Leblanc	»	10	»
M. Paul Janet	»	6	»
M. d'Ocagne	»	4	»
M. Paul Renard	»	1	suffrage

M. **A. de Gramont**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

COMMISSIONS.

M. **Charles Marie** demande à l'Académie de vouloir bien accorder son appui à l'œuvre de la publication des *Tables annuelles de constantes et données numériques de Chimie, de Physique et de Technologie*.

L'Académie nomme, pour s'occuper de cette question, une Commission composée de MM. **Darboux**, **Lippmann**, **A. Gautier**, **Picard**, **Appell**, **Haller**, **Bouty**.

---

(1) Kekulé et Franchimont, *Ber. Chem. Ges.*, t. V, p. 908.

CORRESPONDANCE.

M. G. **Ciamician**, élu Correspondant pour la Section de Chimie, adresse des remercîments à l'Académie.

MM. **Eugène** et **Léon Bloch**, **F. Bodroux**, **Bresson**, **Desgrez**, **Ernest Fourneau**, **E. Léger**, **A. Mailhe**, **E. Rothé**, **Swingedauw**, **Amand Valeur** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Observatoire central de l'Indo-Chine. *Bulletin pluviométrique*, année 1912, publié par G. Le Cadet, Directeur.

2° *Dacia preistorică*, de Nicolae Densusianu, cu o prefata de Dr C.-I. Istrati.

3° *Calcul des orbites et des éphémérides*, par Luc Picart. (Présenté par M. B. Baillaud.)

4° Le vingt-cinquième *Bulletin* de la Société d'Histoire naturelle d'Autun. (Présenté par M. A. Lacroix.)

ASTRONOMIE. — *Observation de l'occultation d'une étoile de* 8e *grandeur par Jupiter, faite à l'Observatoire de Lyon.* Note de M. **J. Guillaume**, présentée par M. B. Baillaud.

Ce phénomène très rare, dont l'immersion seule était observable ici, s'est produit le 25 mai 1913; l'étoile occultée est BD — 22°, 5056 (8e, 3).

L'observation, faite à l'équatorial coudé de $0^m,32$ d'ouverture avec un grossissement de 435, a été très gênée par l'état généralement médiocre de la définition.

Dans les rares instants où les images étaient calmes, 15 minutes avant

l'immersion, l'étoile était bien visible quoique très affaiblie (de deux grandeurs au moins) par le voisinage de Jupiter.

Temps moyen de Lyon.	
h m s	
13.30.17	L'étoile devient difficile à suivre, elle semble plus faible encore;
13.32. 6	Étoile très difficile, *très faible;*
13.33.48	J'estime à l'épaisseur d'un fil de micromètre, soit 0",3, l'intervalle qui sépare l'étoile du limbe de Jupiter;
13.34.26	Contact? Le flou du limbe est très gênant;
13.35.26	L'étoile semble décidément être en contact;
13.36.16	Dans un instant de calme, l'étoile paraît *dans* le limbe, et pendant la durée de 1 ou 2 secondes elle a donné l'impression d'une augmentation d'éclat. Puis le limbe redevient flou;
13.36.45	Par la sensation d'une modification lumineuse au point d'entrée en contact, j'estime que l'*immersion* s'est produite à ce moment;
13.37.40	Je crois l'étoile disparue, et dans un instant de calme, à $13^h 40^m 15^s$, elle n'était sûrement plus visible.

L'immersion à $13^h 36^m 45^s$ serait en écart de $+3$ minutes seulement sur la prédiction que M. Th. Banachiewicz avait faite, en indiquant une erreur moyenne de ± 10 minutes (¹).

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur un aspect curieux du troisième satellite de Jupiter.* Note de M. J. GUILLAUME, présentée par M. B. Baillaud.

J'ai l'honneur de signaler à l'Académie l'aspect curieux présenté par Ganymède, le 24 mai 1913, à la fin d'un passage sur le disque de Jupiter.

Au lieu d'un petit disque rond qu'il présente habituellement, ce satellite avait une forme *gibbeuse* rappelant Mars à l'époque des quadratures, et, pour compléter la ressemblance avec cette planète vue dans une lunette de faible ouverture, on distinguait une tache polaire boréale très blanche, avec, en dessous, une zone grise moins large dans la partie orientale que dans la partie occidentale.

Ces détails, reproduits dans les deux figures suivantes, étaient plus visibles pendant que le satellite se projetait sur la planète que lorsqu'il a été en dehors, surtout en ce qui concerne la zone grise.

J'avais vu plusieurs fois déjà cette apparence ou des taches sur le troisième

(¹) Voir *Astronomische Nachrichten*, n° 3642.

satellite de Jupiter, notamment en 1893, et, antérieurement (1890) à mon petit observatoire de Péronnas, près de Bourg-en-Bresse, avec un réflecteur de $0^m,216$ d'ouverture, mais elle s'est montrée d'une façon particulièrement nette, le 24 mai dernier, à l'équatorial coudé ($0^m,320$ d'ouverture) de



Fig. 1.



Fig. 2.

l'Observatoire de Lyon, avec un grossissement de 365, et c'est ce qui m'engage à faire cette Communication.

Les contacts du satellite avec le limbe de Jupiter ont été notés, respectivement, à $14^h 27^m 52^s$ et $14^h 34^m 16^s$ de T. m. Lyon.

Après la fin de ce passage, j'ai observé que les autres satellites présentaient des disques circulaires; II avait sensiblement la même luminosité que I, malgré son disque un peu moins grand, et III n'était pas plus lumineux que I.

GÉOMÉTRIE. — *Classification des involutions de genres* 1 *appartenant à une surface de genres* 1. Note de M. **L. Godeaux**, présentée par M. Émile Picard.

J'ai établi récemment (*Comptes rendus*, août 1912) qu'une involution de genres $p_a = P_4 = 1$, existant sur une surface F de genres $p_a = P_4 = 1$ également, a nécessairement l'ordre $2^\alpha.3^\beta$. J'ai pu achever la classification de ces involutions et démontrer ainsi que α est au plus égal à *trois*, β au plus égal à *un*. Précisément, on a les théorèmes suivants :

I. Les involutions de genres 1 existant sur une surface de genres 1 ont l'ordre 2, 3, 4, 6, 8 ou 12.

Une involution d'ordre 2 possède huit points de coïncidence.

Une involution d'ordre 3 est cyclique et possède six points de coïncidence.

Une involution d'ordre 4 est cyclique et possède quatre points de coïncidence quadruple et deux groupes de deux points de coïncidence double.

Une involution d'ordre 6 est cyclique et possède deux points de coïncidence sextuple, deux groupes de deux points de coïncidence triple et deux groupes de trois points de coïncidence double.

Une involution d'ordre 8 est engendrée par deux transformations birationnelles Θ_1, Θ_2 de période 4, telles que

$$\Theta_1^{-1}\Theta_2\Theta_1 = \Theta_2^{-1}.$$

Une pareille involution possède soit quatre points de coïncidence octuple et un groupe de quatre points de coïncidence double, soit deux points de coïncidence octuple et trois groupes de deux points de coïncidence quadruple.

Une involution d'ordre 12 est engendrée par une transformation birationnelle Θ_1 de période 4 et par une transformation birationnelle Θ_2 de période 3, telles que

$$\Theta_1^{-1}\Theta_2\Theta_1 = \Theta_2^2.$$

Une telle involution possède deux points de coïncidence 12-uple, deux groupes de deux points de coïncidence sextuple et un groupe de quatre points de coïncidence triple.

II. Il faut, pour qu'une surface d'ordre $2\pi - 2$, à sections hyperplanes de genre π, située dans un espace linéaire à π dimensions, représente une involution d'ordre :

2, qu'elle possède huit points doubles coniques ;

3, qu'elle possède six points doubles biplanaires ordinaires ;

4, qu'elle possède deux points doubles coniques et quatre points doubles biplanaires dont chacun a, dans son domaine du premier ordre, un point double conique ;

6, qu'elle possède deux points doubles coniques, deux points doubles biplanaires ordinaires et deux points doubles biplanaires dont chacun a, dans son domaine du premier ordre, un point double biplanaire et, dans son domaine du second ordre, un point double conique ;

8, qu'elle possède soit quatre points doubles uniplanaires ordinaires et un point double conique, soit deux points doubles uniplanaires ordinaires et trois points doubles biplanaires dont chacun a, dans son domaine du premier ordre, un point double conique ;

12, qu'elle possède un point double biplanaire ordinaire, deux points doubles biplanaires dont chacun a, dans son domaine du premier ordre, un point double conique, et deux points doubles uniplanaires pour chacun desquels deux des trois tangentes singulières sont infiniment voisines.

Ces conditions ne sont en général pas suffisantes. Ainsi, dans le cas d'une surface du quatrième ordre représentant une involution d'ordre 2, les huit points doubles doivent être communs à une double infinité de quadriques (réseau). Or il existe des surfaces d'ordre 4 à huit points doubles ne satisfaisant pas à cette condition, ce sont les *surfaces asyzygétiques* de Cayley (voir ROHN, *Berichte der Gesell. zu Leipzig*, 1884).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les formules analogues à la formule de Stokes.* Note de M. **A. BUHL**, présentée par M. Émile Picard.

En poursuivant mes recherches sur les formules analogues à la formule de Stokes (lesquelles peuvent d'ailleurs rentrer dans l'importante théorie des invariants intégraux), j'ai été amené à considérer un problème remarquable par son énoncé simple et intuitif. N'y a-t-il pas une intégrale de surface spécialement invariante pour toutes les cloisons Γ passant par un contour fermé γ *et toutes tangentes, le long de* γ, *à une cloison fixe préalablement jetée sur ce contour?* J'ai été amené ainsi à construire la formule

$$\iint_\Gamma \begin{vmatrix} r & s & 0 & -1 & 0 \\ s & t & 0 & 0 & -1 \\ -p & -q & 1 & 0 & 0 \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} & \frac{\partial}{\partial p} & \frac{\partial}{\partial q} \\ P & Q & R & S & T \end{vmatrix} dx\,dy = \int_\gamma P\,dx + Q\,dy + R\,dz + S\,dp + T\,dq,$$

où P, Q, R, S, T sont des fonctions quelconques de x, y, z, p, q. D'après le second membre il est clair que le premier ne change pas si la cloison Γ se modifie sans modification des valeurs de x, y, z, p, q sur son contour γ. Si l'on suppose que P, Q, R ne contiennent que x, y, z et que S et T soient nuls, on voit aisément que cela revient à supprimer les deux premières lignes et les deux dernières colonnes du pseudo-déterminant; on retrouve ainsi l'ordinaire formule de Stokes.

Si l'on développe le premier membre de la formule précédente, on trouve

qu'il est de la forme

$$(1)\qquad \int\int_{\Gamma} [K(rt - s^2) + Ar + Bs + Ct + D]\, dx\, dy,$$

K, A, B, C, D étant fonctions de x, y, z, p, q. Or cela fait immédiatement naître une question analogue à celle qui consiste à demander la condition pour laquelle l'intégrale classique

$$\int\int (-pF - qG + H)\, dx\, dy$$

ne dépend que du contour de la cloison d'intégration.

A quelles conditions une intégrale (1) *pourra-t-elle se mettre sous la forme*

$$\int\int_{\gamma} P\, dx + Q\, dy + R\, dz + S\, dp + T\, dq$$

et ne dépendra-t-elle ainsi que des valeurs de x, y, z, p, q sur le contour γ de la cloison d'intégration? Il faut ici *quatre* conditions. Si l'on pose

$$X = \frac{\partial}{\partial x} + p\frac{\partial}{\partial z}, \qquad Y = \frac{\partial}{\partial y} + q\frac{\partial}{\partial z},$$

$$M = B - \frac{\partial}{\partial q}\int A\, dp - \frac{\partial}{\partial p}\int C\, dq, \qquad N = D - X\int A\, dp - Y\int C\, dq,$$

ces quatre conditions sont

$$X^2(K) + X\left(\frac{\partial M}{\partial q}\right) - \frac{\partial^2 N}{\partial q^2} = 0,$$

$$\frac{\partial^2}{\partial p\, \partial q}\left[XY(K) + \frac{\partial^2 N}{\partial p\, \partial q} - \frac{\partial M}{\partial z}\right] = 0,$$

$$Y^2(K) + Y\left(\frac{\partial M}{\partial p}\right) - \frac{\partial^2 N}{\partial p^2} = 0,$$

$$\frac{\partial}{\partial p}X(K) + \frac{\partial}{\partial q}Y(K) + \frac{\partial K}{\partial z} + \frac{\partial^2 M}{\partial p\, dq} = 0.$$

Je ne puis indiquer ici tous les résultats qui me semblent susceptibles d'être synthétiquement réunis par ces préliminaires. En voici seulement une légère esquisse.

D'abord le crochet situé dans (1), multiplié par un facteur $\mu(x, y, z, p, q)$ et égalé à zéro, donne une équation de Monge-Ampère pour laquelle l'intégrale (1) est nulle; on trouve ainsi une classe très étendue de ces équations sur les surfaces intégrales desquelles la forme différentielle

$$P\, dx + Q\, dy + R\, dz + S\, dp + T\, dq$$

est une différentielle exacte. Le facteur μ est comparable au multiplicateur de Jacobi pour l'équation linéaire du premier ordre.

Dans un autre ordre d'idées, les géomètres ont cherché, de manières diverses, à définir la *courbure* d'une cloison d'étendue finie par une intégrale de surface restant justement invariante pour toutes les cloisons ayant même contour et mêmes plans tangents le long de ce contour. Toutes ces théories me semblent rentrer dans la formule écrite au début de cette Note.

D'autre part encore, cette formule définit des fonctions analogues aux fonctions de lignes de M. Volterra; s'il ne s'agit pas de simples contours ou ensembles fermés de points (x, y, z), il s'agit d'ensembles fermés d'éléments (x, y, z, p, q); l'extension est aisée.

Enfin on peut construire des formules du même type pour les cloisons ayant toutes entre elles au contour les mêmes valeurs de x, y, z, p, q, r, s, t; et ainsi de suite pour les contacts d'ordre quelconque.

Dans un Mémoire qui paraîtra prochainement dans un autre Recueil, je développerai ces points en montrant les liens qui les unissent aux travaux de MM. Darboux, Picard et Volterra.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les domaines fondamentaux de certains groupes fuchsiens.* Note de M. **Th. Got**, présentée par M. G. Humbert.

La méthode du rayonnement permet de déterminer facilement et dans tous les cas le domaine fondamental du groupe fuchsien dérivé du groupe reproductif des formes quadratiques ternaires indéfinies f, du type

$$x^2 - \varphi(y, z),$$

où φ désigne une forme binaire positive.

Tout point O_i équivalent à l'origine O par les opérations du groupe reproductif, dans le plan de la conique $f(x, y, z) = 0$, a en effet pour coordonnées trois entiers α_i, β_i, γ_i vérifiant l'équation

(1) $$f(\alpha_i, \beta_i, \gamma_i) = 1.$$

Alors, d'après les formules de Poincaré, la $\mathfrak{L}$ de OO_i est

$$\mathfrak{L} = \log(\alpha_i + \sqrt{\alpha_i^2 - 1}).$$

Le point O étant point fixe de substitution elliptique de période *deux*, le

double d'un domaine fondamental est limité par les perpendiculaires (non euclidiennes) menées en leur milieu à un certain nombre fini de segments OO_i de $\mathcal{L}$ minima. Or le minimum de la $\mathcal{L}$ correspond ici à celui de α_i. Il suffit donc, pour obtenir le domaine fondamental, de calculer, ce qui est facile, les premières solutions de l'équation (1) par ordre de grandeur croissante des α_i; on conserve seulement les α_i, β_i, γ_i qui correspondent à des points équivalents à O. On s'arrêtera au plus tard lorsque, désignant par ABC... le premier polygone convexe ainsi obtenu, on arrivera au premier O_i pour lequel $\mathcal{L}\, OO_i$ sera supérieur au double de la $\mathcal{L}$ maxima [1] des rayons OA, OB, etc.

Pour distinguer celles des solutions α_i, β_i, γ_i de l'équation (1) qui correspondent à des points équivalents à O, il n'y a pas de difficulté théorique. On peut employer, par exemple, l'un ou l'autre des deux procédés suivants :

Premier procédé. — On réduira la forme

$$\overline{f} = \frac{1}{2}(xf'_{\alpha_i} + yf'_{\beta_i} + zf'_{\gamma_i})^2 - f$$

associée à f pour la réduction continuelle. Pour que le point O_i soit équivalent à O, il faut et il suffit que la réduite en laquelle se change f lui soit identique. On peut employer, pour cette réduction, les conditions de M. Selling, et les substitutions $(x, x - z, y)$, (z, x, y) suffisantes pour cela, comme l'a montré M. Charve.

Deuxième procédé. — On utilisera les expressions, données par Hermite et étudiées par M. Bachmann, pour les substitutions semblables, S, d'une forme f en fonction de quatre entiers p, q, q', q'' vérifiant une équation

$$p^2 + F(q, q', q'') = P \tag{2}$$

(F adjointe de f, P diviseur du quadruple du déterminant).

En exprimant que $O_i = OS$, on aura trois équations permettant avec (2) de calculer p, q, q', q''. Pour que O_i soit équivalent à O, il faut et il suffit qu'il existe une valeur de P pour laquelle les solutions p, q, q', q'' soient entières et répondent à une S entière.

Les procédés ainsi donnés pour les formes $x^2 - \varphi(y, z)$ ne sont pas d'une application aussi restreinte qu'il peut le paraître *a priori*, car toute forme quadratique ternaire indéfinie, proprement primitive ainsi que son adjointe,

---

[1] Nous nous bornerons ici au cas où f ne représente pas rationnellement *zéro*.

de déterminant congru à 1, 3 ou 5 (mod 8), est équivalente à une forme du type $x^2 - \varphi$.

En outre, la méthode se généralise évidemment et convient notamment aux groupes polyédriques des formes quadratiques quaternaires et, plus généralement, des formes à un nombre quelconque de variables du type

$$x_1^2 - \varphi(x_2, x_3, \ldots, x_n)$$

où φ est définie.

GÉOGRAPHIE. — *Sur la première détermination de différence de longitude par télégraphie sans fil en Afrique occidentale française.* Note de MM. **Schwartz** et **Villatte**, présentée par M. Bigourdan.

Instruments employés. — Astrolabe à prisme, modèle géodésique dans les deux stations.

Deux chronomètres.

Une pendule Leroy à contact et à entretien électromagnétique au poste d'émission.

Poste côtier à émission musicale de Conakry.

Boîte réceptrice spéciale pour longitudes, à dérivation; résonateur à conduit unique, détecteurs électrolytiques.

Voici, à titre d'exemple, les opérations effectuées dans la soirée du 22 octobre 1912.

Observateurs : M. Schwartz à Kissidougou, M. Villatte à Conakry.

Observations. — 1° Observations astronomiques aux deux stations;

2° Comparaisons du chronomètre des deux stations aux signaux hertziens envoyés par la pendule de Conakry;

3° Observations astronomiques aux deux stations.

Une pendule Leroy à contact réglable et à entretien électromagnétique, est installée au poste radiotélégraphique de Conakry.

Cette pendule a été établie pour la première fois par son constructeur d'après la demande de M. Schwartz en 1911. Elle est disposée de manière à envoyer un train d'ondes toutes les secondes moins $\frac{1}{140}$ de seconde environ, et donne, par suite, une coïncidence à peu près toutes les 70 secondes avec un chronomètre battant la demi-seconde de temps moyen.

Les envois de signaux sont faits dans l'ordre suivant : de $9^h 5^m$ à $9^h 10^m$ envoi de battements, la minute ronde de la pendule étant marquée par un trait long de 2 secondes (premier trait long à $9^h 6^m 0^s$).

$9^h 10^m$ à $9^h 15^m$ silence.

$9^h 15^m$ à $9^h 20^m$ deuxième série de signaux dans les mêmes conditions que la première.

Les chronomètres des deux stations sont comparés aux signaux hertziens envoyés par la pendule.

A Kissidougou était installé le poste récepteur dont la composition était :

a. Une antenne coudée orientée de cinq brins de 50^m de long chaque (câble bronze téléphonique étamé de 2^{mm}, supportée par un mât de 20^m et une perche de 11^m sur un arbre. L'isolement était obtenu par rapport à deux mâts et à la terre par deux bâtons d'ébonite armée de $0^m,30$ en série.

b. A cette antenne était rattachée la boîte pour longitudes dont le dispositif permet d'entendre en même temps les battements du chronomètre et ceux de la station d'émission.

La durée de chaque battement avait été légèrement allongée pour bien permettre d'être reçu très nettement au milieu des bruits parasitaires.

Pour la même raison, les tops des minutes rondes, au lieu d'être supprimés, avaient une durée de 2 secondes, ce qui permettait très aisément leur repérage.

Depuis la détermination de cette première différence de longitude, il a été établi, par les soins de MM. Schwartz et Villatte, une dizaine de positions tout le long de la frontière libérienne et où l'on a procédé de même. Ces points répartis sur une longueur de frontières de 400^{km} environ ont été établis en moins de 3 mois. Les procédés employés ont été sensiblement les mêmes, sauf en ce qui concerne les antennes de réception, auxquelles on a substitué, dans la plupart des cas, les antennes couchées. La rapidité d'établissement des communications était telle qu'on est ainsi parvenu à effectuer en 7 jours trois déterminations de différences de longitudes concernant trois positions réparties sur une distance de 100^{km}.

Différence de longitude par T. S. F. entre Conakry et Kissidougou.

Des envois de signaux effectués par Conakry, le 22 octobre 1912, et reçus par Kissidougou, résulte le Tableau suivant :

Chronomètre de Kissidougou.						Pendule de Conakry.		
Chrono. 1.	Nos de série. 2.	Nos des coïncidences. 3.	Indication du chrono au moment des coïncidences. 4.	Indication du chrono au moment du top long. 5.	Différence (5—4). 6.	Heure des tops longs à la pendule. 7.	Heure de la pendule au moment des coïncidences. 8.	Différence entre pendule et chrono (8—4). 9.
			h m s	h m s		h m	h m s	h m s
»	1	1	9.08.49,0	9.09.20	31	12.50 départ	12.50.29	3.41.40
»	»	2	9.09.56,5	9.10.19,5	23	12.51 1er top long	12.51.37	3.41.40,5
»	»	3	9.11.03,0	9.11.19	16	12.52	12.52.44	3.41.41
»	»	4	9.12.09,5	9.12.18,5	09	12.53	12.53.51	3.41.41,5
»	»	5	9.12.18	9.13.18	00	12.54	12.55.00	3.41.42
»		»	»	»	»	12.55 dernier top long (fin)	»	»
»	2	6	9.19.12,5	9.19.15,5	03	13.00 départ	»	»
»	»	7	20.21	9.20.15	06	12.01 1er top long	13.00.57	3.41.44,5
»	»	8	21.31,5	9.21.14,5	17	12.02	13.02.06	3.41.45
»	»	9	22.42,0	9.22.14	28	12.03	13.03.17	3.41.45,5
»	»	»	»	9.23.13,5	»	12.04	13.04.28	3.41.46
»	»	»	»	»	»	12.05 dernier top long (fin)	»	»

Tableau des comparaisons.

h_m corrigée de la marche.	h_n.	$h_m - h_n$.	$\tau_m - \tau_n$.	$l_m - l_n$.	Résidus par rapport à la moyenne.
h m s	h m s	h m s	h m s	h m s	s
12.50.24,90	9.08.49	3.41.35,90	—3.55.58,75	—0.14.22,85	—0,06
12.51.32,42	9.09.56,5	35,92		22,83	—0,04
12.52.38,95	9.11.03,0	35,95		80	+0,01
12.53.45,47	9.12.09,5	35,97		78	+0,01
12.54.53,99	9.13.18,0	35,99		76	+0,03
13.00.48,47	9.19.12,5	35,97		78	+0,01
13.01.56,97	9.20.21	35,97		78	+0,01
13.03.07,48	9.21.31,5	35,98		77	+0,02
13.04.17,98	9.22.42	35,98		77	+0,02
			Moyenne.	—0.14.22,79	

Notation. — h_m indication t. moy. de la pendule de Conakry, corrigé de la marche aux instants des coïncidences; h_n indication t. moy. du chronomètre de Kissidougou, aux mêmes instants; τ_m états de la pendule et du chronomètre sur le temps moyen; τ_n longitude de Conakry $= l_m$, longitude de Kissidougou $= l_n$.

AVIATION. — *Données pour la construction d'un monoplan idéal tirées des caractéristiques des Oiseaux*. Note [1] de M. **A. Magnan**, présentée par M. Edmond Perrier.

Pour la construction des aéroplanes, on n'a pas eu recours jusqu'ici aux données fournies par l'étude des Oiseaux en raison surtout de l'insuccès des recherches tentées à ce sujet par Mouillard. Cependant les comparaisons étendues que nous avons faites entre les divers groupes d'Oiseaux nous ont montré qu'il était possible d'utiliser à cet effet les chiffres donnés par la nature malgré les différences de poids considérables qui séparent un oiseau d'un aéroplane.

Dans les études que nous avons poursuivies sur cet intéressant problème, nous avons mis en évidence que les caractéristiques de l'Oiseau variaient suivant qu'il pratiquait le vol plané, le vol à voile ou le vol ramé. Par contre ces caractéristiques sont tellement voisines pour les individus d'un même groupe, quel que soit leur poids, qu'il y a pour ainsi dire une constante pour chaque dimension. Nous sommes ainsi arrivés aux conclusions suivantes [2] :

1° Les Rapaces qui pratiquent de préférence le vol plané ont une grande surface alaire, un petit moteur représenté par des muscles grands pectoraux réduits, une grande envergure, une aile assez large et une longue queue.

2° Les Palmipèdes marins qui se servent du vol à voile possèdent une surface alaire moins étendue que les planeurs. Leur envergure cependant est la plus grande, tandis que l'aile est très étroite; la queue est presque atrophiée. Le moteur est petit.

3° Les Oiseaux rameurs, tels que les Passereaux, les Gallinacés, les Colombins, offrent une surface alaire très réduite avec des muscles pectoraux très puissants par suite des violents coups d'aile que frappe l'oiseau. L'envergure est petite, l'aile est large, ce qui lui donne une forme arrondie. La queue est assez longue.

Or le vol des Oiseaux planeurs est celui qui se rapproche le plus du vol des monoplans. Il était intéressant de rechercher quelles seraient les dimensions d'un aéroplane de ce type copiant les caractéristiques d'un Oiseau planeur, car il est logique de penser que, puisqu'un Rapace du poids de 100^g

---

[1] Présentée dans la séance du 2 juin 1913.

[2] Voir les travaux que j'ai publiés sur le vol des Oiseaux en 1911, 1912 et 1913 dans le *Bulletin du Muséum*, les *Comptes rendus* de l'*Académie des Sciences*, des *Congrès des Sociétés savantes* et de l'*Ass. fr. pour l'Avancement des Sciences*.

possède des caractéristiques identiques à celles d'un Rapace pesant 10 000^{g}, il en serait de même s'il existait des Oiseaux de 100^{kg}, 500^{kg}, 1000^{kg}.

Dans l'étude que nous avons consacrée aux Oiseaux, nous avons, pour obtenir des rapports homogènes et établir des comparaisons utiles, comparé le poids des ailes au poids du corps, les longueurs ou largeurs de l'aile ou de la queue à la longueur du corps, la surface des ailes à la surface du corps, suivant la formule

$$\frac{A}{B} = a :$$

A représente la dimension étudiée;

a est le rapport cherché;

B est le poids de l'oiseau, sa longueur calculée par la formule $l = \sqrt[3]{P}$, ou sa surface calculée par la formule $S = \sqrt[3]{P^2}$, P étant exprimé en grammes.

Ces deux dernières formules n'ont de valeur que si les Oiseaux considérés ont la même densité, ce qui est probable et s'ils ont la même forme, ce qui n'est vrai qu'approximativement. Cependant nous ferons remarquer que les rapports trouvés de cette façon coïncident avec ceux qu'on obtient en utilisant la longueur réelle du corps ou la surface du corps cherchée à l'aide d'une peinture lourde.

Voici les rapports trouvés pour les Rapaces diurnes; les chiffres indiquent les moyennes :

Rapport de la surface alaire, en centimètres carrés, à la surface du corps $S = \sqrt[3]{P^2}$	23,2
Rapport du poids des ailes, en grammes, au poids du corps P	197
Rapport de l'envergure, en centimètres, à la longueur du corps $l = \sqrt[3]{P}$	13,3
Rapport de la largeur de l'aile, au milieu, en centimètres, à la longueur du corps $l = \sqrt[3]{P}$	2,36
Rapport de la longueur de la queue, en centimètres, à la longueur du corps $l = \sqrt[3]{P}$	2,60
Rapport de la longueur réelle du corps, en centimètres, à la longueur du corps $l = \sqrt[3]{P}$	5,9

Or la recherche des caractéristiques d'un monoplan devient dans ces conditions très facile. Si cet appareil doit ressembler à un Oiseau planeur, le rapport a doit être voisin du rapport moyen que nous avons trouvé pour ce dernier. De plus B nous est connu. C'est le poids du monoplan en ordre de marche. Par conséquent nous obtiendrons facilement A de la façon suivante :

$$A = B \times a.$$

Recherchons, par exemple, les dimensions d'un monoplan *idéal* dont le poids pendant la marche est de 500^{kg}, ce qui est courant; nous obtiendrons :

Surface alaire	14$^{m^2}$,70
Poids des ailes	98^{kg},500
Envergure	10^{m},50
Largeur de l'aile	1^{m},87
Longueur de la queue	2^{m},06
Longueur de l'appareil	4^{m},67

Il ressort des chiffres ci-dessus que le monoplan construit dans ces conditions serait beaucoup moins long que ceux qui sont en usage actuellement. Pour les autres caractéristiques, il ne différerait pas autant qu'on *pourrait le penser* des autres monoplans.

De plus, la méthode que nous indiquons présente l'avantage de permettre le calcul exact des dimensions d'un monoplan d'après le poids qu'il doit porter en ordre de marche.

Il y a lieu de préciser que les données que nous venons de publier se rapportent à un monoplan destiné à voler au-dessus des terres.

AÉRONAUTIQUE. — *Sur un aéroparachute.* Note (1) de MM. **Levavasseur** et **Gastambide**, présentée par M. L. Lecornu.

L'appareil dont il s'agit est un aéroplane à surface et incidences variables, pouvant voler sur toutes les trajectoires descendantes avec le plus grand écart de vitesse et se transformant en parachute.

Il se compose de deux ailes et d'un corps empenné symétriquement.

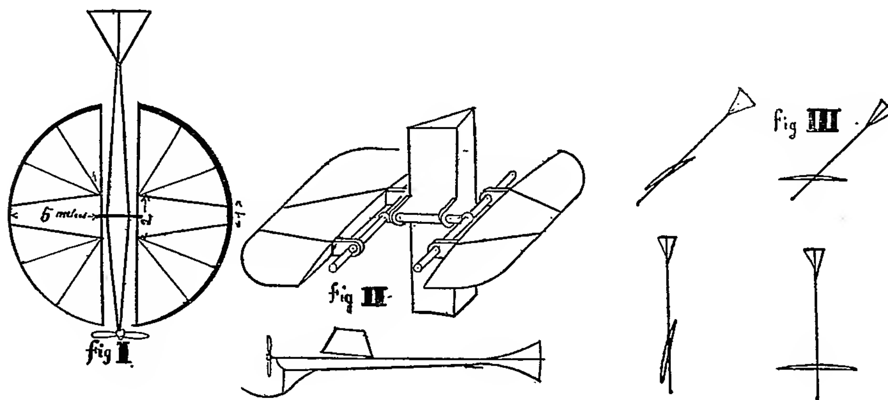
Les deux ailes peuvent varier de surface : elles se composent chacune de trois parties : une partie fixe ayant la forme d'un trapèze, par exemple de $\frac{2+1}{2} \times 5$, soit 7$^{m^2}$,50 de surface, et deux parties mobiles formées de deux groupes de *rémiges*. L'aile entière développée a la forme d'un demi-cercle de 5^{m} de rayon : la surface est alors de 37$^{m^2}$,5 et la surface totale de 75$^{m^2}$. Ces deux ailes sont articulées sur un cadre et peuvent prendre toutes les positions, depuis l'horizontalité jusqu'à 90°, en changeant la valeur du V de la plus grande valeur à la plus petite.

Le cadre qui porte les deux ailes est articulé sur le corps, ce qui permet de varier l'angle du corps par rapport aux ailes de 0° à 90°.

(1) Présentée dans la séance du 2 juin 1913.

La manœuvre des quatre groupes de rémiges se fait à volonté, ainsi que la variation de l'incidence et celle du V; mais un mécanisme spécial rend solidaires les manœuvres de l'incidence des ailes et du V, et celle du déploiement des quatre groupes de rémiges, cela en vue de produire le *vol parachuté* et l'*état parachute*.

Les gouvernails sont supprimés sur cet appareil. On le gouverne en déplaçant la résultante au moyen des quatre groupes de rémiges, au moyen de l'incidence et du V (voir *fig.* I et II).



Dans ce qui suit, nous étudions l'état parachutable, c'est-à-dire que les commandes sont solidaires et que, l'incidence variant de 10° à 30°, les ailes varient de 15^{m^2} à 75^{m^2} de surface, le V diminue de 4°. L'incidence variant de 30° à 90°, la surface des ailes reste constante à 75^{m^2}, le V diminue de 20°.

De l'examen des courbes *traînée* et *poussée* de cet appareil (la surface et l'incidence des ailes variant seules, le corps étant toujours dirigé suivant la direction des filets d'air), il résulte que l'angle d'incidence variant de 10° à 90°, l'angle γ que fait la résultante avec la verticale varie dans le même sens et prend sensiblement les mêmes valeurs.

On voit de plus qu'à chaque valeur de γ correspondent deux valeurs du rapport de $\frac{t}{p}$ (traînée à poussée), l'une pour un angle d'incidence plus petit que l'angle optimum, et l'autre pour un angle plus grand.

Nous en tirons la conclusion qu'il y a deux façons de descendre : l'une en *vol plané*, l'incidence des ailes étant sensiblement celle de la trajectoire, c'est la descente des aéroplanes actuels; la seconde en *vol parachuté*, les ailes restant toujours horizontales, c'est la descente de notre aéroparachute.

Les figures III indiquent les deux modes différents de descente.

De nos essais il résulte aussi que la résultante coupe la corde de l'aile en un point qui varie en fonction de l'angle d'incidence. Le déplacement de ce point d'intersection de la résultante et de la corde varie de $\frac{35}{100}$ à $\frac{50}{100}$ de l'avant de la largeur de l'aile, quand l'angle d'incidence varie de 10° à 90°. Ce déplacement rétablit l'attaque et les ailes considérées seules seront *stables*. Mais de 10° à — 5°,5 le centre de poussée va vers l'arrière de l'aile quand l'angle diminue, c'est l'instabilité, et l'on sait que sans les empennages arrières et les gouvernails, l'appareil capoterait immédiatement.

Nous pouvons en conclure que considérées seules les ailes ne donnent un équilibre stable que de 10° à 90°; la stabilité est *intégrale;* que de 10°

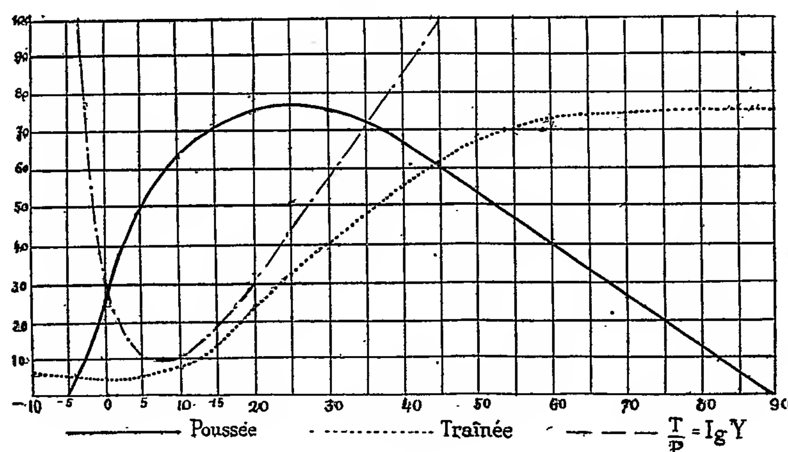


Fig. 4.

à — 5°,5, les empennages stabilisent seuls l'aéroplane, et la stabilité est différentielle.

En raison de notre faible $\frac{P}{S}$, les ailes étant complètement déployées, ce qui nous permet de descendre sans trop de vitesse sur n'importe quelle trajectoire, nous n'utiliserons dans l'aéroparachute que les angles d'incidence variant de 10° à 90°, les seuls qui nous donnent une stabilité automatique complète; pour que cette stabilité soit aussi grande que possible sur toutes les trajectoires, il faut simplement que le centre de gravité se trouve sur la direction de la résultante, ce qui est obtenu en choisissant convenablement le point d'articulation du corps. En effet, en faisant tourner le corps, ce mouvement déplace en même temps la résultante et le centre de gravité.

Tout dans cet ensemble d'appareil contribuera à la stabilité : l'empen-

nage non porteur, l'empennage et le corps toujours dirigés suivant la trajectoire, l'abaissement du centre de gravité obtenu par le déplacement du corps, l'incidence maxima des ailes qui donne le maximum de stabilité des ailes considérées seules, le relèvement du centre de carène par la diminution du V et l'augmentation de vitesse en résultant.

L'aéroparachute peut enfin partir et atterrir lentement, atterrir sous toute incidence, les ailes complètement déployées; et voler à très grande vitesse, les ailes étant repliées et réduites à leur plus petite surface de voilure.

i.	t trainée.	p poussée.	$\log \frac{t}{p}$.	γ.
— 5	$5^{g},3$	0	∞	90°
0	5	24	0,21	12
5	5,2	50	0,11	6
10	7	68	0,103	5,40
15	14	72	0,194	11
20	24	75	0,320	18
30	40	75	0,580	29
40	55	66	0,830	39,30
50	68	55	1,22	50
60	72	41	1,75	60
70	75	27	2,77	70
80	75,5	14	5,22	80
90	76	0	∞	90

On remarque que la courbe de poussée est plus régulière dans l'aéroplane à surface variable que dans les autres aéroplanes ; la fluctuation brusque de la poussée qui se produit pour un angle un peu plus grand que l'angle optimum et qui déséquilibre l'appareil, ne se produit pas dans l'aéroparachute.

ÉLECTRICITÉ. — *Principe d'un moteur électrostatique.* Note de M. Eugène Bloch, présentée par M. J. Violle.

On a souvent comparé un galvanomètre à un moteur dynamoélectrique : l'aimant et le cadre d'un galvanomètre à cadre mobile jouent le rôle de l'inducteur et de l'induit d'une dynamo. Une comparaison analogue peut être faite entre un électromètre et un moteur électrostatique, et c'est ce qui m'a conduit à essayer de transformer l'électromètre classique à quadrants en un moteur.

Si l'on supprime la suspension de l'aiguille d'un électromètre, en supportant simplement celle-ci par un axe très mobile, le couple électrique, qui n'est plus contrebalancé par un couple de torsion antagoniste, entraîne l'aiguille à l'intérieur de l'une des paires de quadrants Q. Si, à ce moment, on renverse le signe de la charge de l'aiguille, ou, ce qui revient au même, le signe de la charge des quadrants, l'aiguille continuera à tourner et ira se loger dans l'autre paire de quadrants Q'. Un nouveau changement de signe fera continuer le mouvement, et ainsi de suite, de sorte que l'aiguille prendra un mouvement de rotation continu.

J'ai d'abord réalisé l'expérience en montant, sur l'axe qui supporte l'aiguille, un commutateur qui, par contact avec des balais fixes, effectuait les inversions de charges aux instants opportuns : l'appareil fonctionne, mais irrégulièrement, à cause des étincelles qui accompagnent chaque commutation. Les résultats deviennent au contraire très satisfaisants si l'on fait appel, pour inverser les potentiels, au courant alternatif. On peut alors employer deux montages différents : 1° l'aiguille restant à un potentiel fixe, les quadrants sont portés à des potentiels opposés alternatifs; 2° les quadrants étant portés à des potentiels fixes et opposés, l'aiguille est reliée à un pôle de la source alternative dont l'autre pôle est au potentiel zéro. Dans l'un et l'autre cas, on obtient une rotation continue de l'aiguille sans aucune étincelle et avec une période qui, comme on le voit aisément, est la moitié de celle du courant alternatif.

Ainsi dans une expérience, l'aiguille est maintenue à 2500 volts environ par une batterie d'accumulateurs. Les quadrants sont portés à des potentiels alternatifs maxima de 1500 volts environ au moyen d'un transformateur alimenté par le secteur de la rive gauche (42 périodes) : le secondaire est fermé sur une forte résistance dont le milieu est au potentiel zéro et les extrémités en relation avec les deux paires de quadrants. On obtient une période de rotation de 21 tours par seconde.

Une des principales difficultés de l'expérience est la suivante : la rotation continue de l'aiguille ne peut se maintenir que si l'aiguille a été préalablement lancée avec la période même de sa rotation définitive et, de plus, abandonnée à elle-même dans une phase convenable de son mouvement. En d'autres termes le moteur actuel a les propriétés d'un moteur synchrone ordinaire; on peut le qualifier de *moteur synchrone électrostatique à courants alternatifs*. La puissance du moteur étant très faible, il faut non seulement réaliser, au moment de l'accrochage, un synchronisme et une concordance de phase très rigoureux, mais encore obtenir ce résultat avec un frottement minime et abandonner l'aiguille sans choc, sans quoi le moteur se décroche.

J'ai pu y réussir en effectuant le lancement par l'air comprimé et en utilisant, comme d'habitude, la stroboscopie.

L'axe qui supporte l'aiguille porte en même temps une petite hélice d'aluminium à quatre bras sur laquelle on envoie le jet d'air comprimé. On s'éclaire avec une lampe alimentée par le secteur à 42 périodes. Au moment où l'hélice paraît immobile, le synchronisme (21 tours par seconde) est atteint; la concordance de phase s'obtient alors par un tâtonnement facile.

Dans le petit appareil que j'ai fait fonctionner, la rotation, une fois amorcée, se maintient facilement pendant plusieurs heures avec une dépense évidemment insignifiante. Les applications pratiques sont restreintes par la petitesse de la puissance réalisée, mais nullement exclues. Par exemple, en mettant le potentiel alternatif sur l'aiguille et en utilisant des contacts à étincelle ou à frottement, on peut prélever une partie de la phase totale du courant alternatif, et par suite redresser un courant de haut potentiel. L'intensité du courant que j'ai pu redresser dans mes essais est malheureusement limitée pour l'instant à une très petite fraction d'ampère; car la résistance occasionnée par les étincelles provoque trop facilement le décrochage du moteur. Mais s'il s'agit seulement, comme dans certaines expériences sur l'ionisation des gaz, d'obtenir un potentiel redressé assez élevé, l'appareil précédent résout le problème d'une manière satisfaisante.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur la diffraction et la réflexion des rayons de Röntgen.* Note de M. **M. de Broglie**, présentée par M. E. Bouty.

I. Je voudrais, pour éviter toute équivoque, insister sur le sens que j'ai voulu donner au mot de *réflexion*, employé au cours de quelques Notes sur les rayons de Röntgen. A la fin de 1912, M. W. H. Bragg a émis l'opinion que l'on pouvait considérer les images des diagrammes de M. Laue comme résultant de véritables réflexions sur certains plans remarquables liés au réseau cristallin. M. W. L. Bragg, M. Wulff et M. Laue ont montré qu'en réalité la théorie de la diffraction équivalait au point de vue formel à la réflexion sur des plans réticulaires convenablement choisis. M. Friedel [1] a récemment donné de cette propriété des réseaux une démonstration simple et générale.

---

[1] *Comptes rendus*, 3 juin 1913.

Mais le choix du miroir dépendant de l'angle d'incidence du faisceau sur le réseau, on ne peut pas considérer un faisceau divergent comme se réfléchissant sur un miroir unique et la considération des plans de réflexion n'est qu'une autre manière de présenter la théorie de la diffraction. Ce point de vue est, je crois, un peu différent des idées primitivement émises par M. W. H. Bragg.

Lorsque des taches de réflexion sous incidence rasante furent signalées par divers expérimentateurs, on n'observa d'abord que les taches particulièrement intenses dues à la réflexion régulière sur la face libre du cristal.

Avec des poses plus longues et des clichés plus détaillés, le rôle de la diffraction apparut nettement, ainsi que je l'ai indiqué ici même [1], et l'expérience directe confirme bien que la réflexion sous incidence rasante n'est qu'un procédé d'étude des phénomènes de Laue. Ce dispositif a souvent ses avantages; il réduit l'absorption et, par suite, le temps de pose, dans des limites qui peuvent être très considérables pour des cristaux opaques; il fait ressortir l'origine et l'importance des taches intenses que l'on observe par transmission à travers des cristaux imparfaitement orientés; il permet d'utiliser des échantillons dont une seule face est dégagée et se prête bien à l'étude des stries et des franges qui viennent compliquer la structure des images.

II. Si tout, jusqu'à présent, dans plus de 100 diagrammes recueillis dans diverses conditions, m'a paru confirmer dans ses grandes lignes la théorie de la diffraction, il reste des points obscurs.

Les diagrammes de l'iodure de potassium et du chlorure de sodium, par exemple, tous deux cubiques mais sans aucun élément commun, sont identiques au point de vue de la position géométrique des images (pas de l'intensité et de la dureté de ces images), il faut en conclure que le rapport $\frac{\lambda}{a}$ de la longueur d'onde fondamentale d'une tache au paramètre du réseau est la même dans les deux cas; comme a est probablement différent, il reste à expliquer pourquoi λ a varié dans le même rapport.

M. Laue a également fait remarquer que le nombre des images obtenues est très inférieur à ce que la théorie fait prévoir; il m'a semblé cependant qu'en prolongeant les poses, les vides tendaient à se combler en donnant pour le système cubique une valeur de $\frac{\lambda}{a}$ égale à 0,008; je crois qu'on peut

---

(1) *Comptes rendus*, 14 avril 1913.

affirmer qu'il existe des longueurs d'onde dont le rapport à l'équidistance des molécules ne dépasse pas $\frac{1}{100}$.

III. J'avais, il y a quelques mois, remarqué qu'en recevant les rayons diffractés sur plusieurs plaques superposées, certaines taches étaient moins apparentes sur la première plaque que sur les autres; il s'agit peut-être là d'un effet secondaire dû au verre ou à l'émulsion; mais ce qui est toujours apparu nettement, c'est que les taches sont loin d'avoir la même dureté (1), des taches voisines se comportant, à ce point de vue, d'une manière très différente. Lorsque dans le dispositif de réflexion les taches sont élargies et allongées pour diverses causes, l'absorption semble s'exercer uniformément comme si toute la tache avait la même longueur d'onde.

IV. Voici encore quelques résultats expérimentaux.

Certains cristaux peuvent réfléchir avec intensité les rayons sous une incidence éloignée de 90° : une lame hexagonale de carborundum a fourni un beau diagramme sous une incidence de 55°.

Les cristaux organiques ne renfermant que des corps à faible poids atomique et privés de radiation caractéristique au sens de Barkla fournissent de beaux diagrammes : par exemple les tables monocliniques de saccharose.

On connaît la sensibilité du xénotime au champ magnétique au point de vue du déplacement des bandes d'absorption (J. Becquerel) : un échantillon de ce cristal a fourni le même diagramme avec ou sans application d'un champ de l'ordre de 8000 unités.

Enfin il m'a été, jusqu'à présent, impossible de déceler les mêmes phénomènes avec les rayons γ des préparations de radium ou de mésothorium; une plaque obtenue avec le mésothorium a présenté, après une pose, une faible impression correspondant à la réflexion régulière, mais avec trop peu de netteté pour permettre aucune conclusion.

ÉLECTRICITÉ. — *Conductibilité électrique de quelques liquides purs : ammoniac, acétone, alcools éthylique et méthylique.* Note de M. **Jacques Carvallo**, présentée par M. E. Bouty.

Différents auteurs ont signalé qu'il est possible de purifier notablement certains liquides déjà très propres en les soumettant à l'action d'un courant

(1) Voir aussi le travail primitif de MM. Friedrich et Knipping.

continu prolongé, et j'ai moi-même précédemment donné des exemples d'épuration électrique de l'anhydride sulfureux et de l'éther éthylique ([1]). Je montrerai, dans cette Note, comment se comportent, à ce point de vue, quelques autres liquides.

Les expériences ont consisté à préparer des liquides aussi purs que possible dans des tubes scellés en verre, et à suivre en fonction du temps le courant qu'y crée une tension constante appliquée entre deux électrodes fixes ([2]).

1° *Ammoniac.* — Les observations ont porté sur deux préparations différentes obtenues successivement dans le même appareil de mesure. Dans les deux cas, une tension constante, assez grande pour qu'on puisse négliger devant elle la polarisation des électrodes, donne lieu à un courant qui diminue avec le temps.

	Premier échantillon.	Deuxième échantillon.
Conductance spécifique du liquide initial mesuré par la méthode de Kohlrausch	4.10^{-8} U. P. à 14°	$6{,}7.10^{-8}$ U. P. à +20° $2{,}7.10^{-8}$ » à −62°
Courant initial	Sous 87^v à 17° $42{,}6.10^{-6}$ amp.	Sous 174^v à 20° 813.10^{-6} amp.
Courant après	44^h sous 87^v (17°) $4{,}8.10^{-6}$ amp.	48^h sous 174^v (20°) $3{,}39.10^{-6}$ amp.

Le courant ne cesse de diminuer qu'après une dizaine de jours. En recherchant les valeurs limites du courant pour diverses tensions, j'ai obtenu :

Tension en volts.		87.	174.	361.	348.	522.	697.	870.	1044.	1220.	
Courant limite en 10^{-6} amp.	1er échant.	2,48	3,56		4,5	5	4,8	4,8	4,1	4,9	(15°)
	2e échant.	0,55	1,12	1,8	2,4	3,85	5,9	8,4	11,1	13,8	(20°)

Les courants limites sont du même ordre de grandeur dans les deux cas, mais ils s'élèvent constamment avec la tension dans le second au lieu de rester à peu près indépendants de la tension au delà de 348 volts, comme cela a lieu pour la première série. Aux basses tensions, le premier échantillon est plus conducteur que le second; l'inverse se produit aux tensions élevées. La température agit sur les deux échantillons de façon bien différente, tandis que dans le premier cas une brusque variation de température provoque, quel que soit son signe, une augmentation temporaire du courant;

([1]) J. Carvallo, *Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 717; t. 153, 1911, p. 1144.

([2]) Il est utile de mentionner que, pour tous les liquides dont s'occupe cette Note, le passage du courant n'est accompagné d'aucun phénomène visible d'électrolyse.

celui-ci est, dans le second, régulièrement fonction de la température. J'ai trouvé par exemple sur le deuxième échantillon

Sous 87 volts à $+20^\circ$ $i = 0,55.10^{-6}$ amp.
à -80° $i = 0,053.10^{-6}$ amp.

Aucun des régimes limites ci-dessus ne saurait être vraisemblablement considéré comme caractéristique de l'ammoniac pur. Si l'on déduisait des deux derniers nombres la conductance spécifique apparente du deuxième échantillon sous 87 volts, on trouverait

5.10^{-10} unités pratiques à $+20^\circ$,
$3,7.10^{-11}$ » à -80°.

Ces nombres ne fournissent qu'une limite supérieure de la conductibilité de NH^3 pure, si tant est que ce liquide possède une conductibilité définie. Il est intéressant de rappeler que Frenzel ([1]) attribuait à cette conductibilité la valeur

$1,33.10^{-7}$ à -75°

quatre mille fois plus grande que celle que je viens d'indiquer.

2° *Acétone*. — Je n'ai étudié qu'un échantillon. Il m'a donné les résultats suivants :

Tension appliquée : 88 volts. Température 15°.

	Époque.							
	1m.	2m.	6m.	13m.	29m.	1h12m.	3h17m.	50h.
Courant en 10^{-6} ampères	0,28	0,20	0,16	0,15	0,16	0,32	5,6	20
Conductance spécifique apparente en 10^{-10} unités pratiques.	2,2	1,6	1,28	1,2	1,28	2,56	4,5	160

Le courant diminue d'abord légèrement *pour tendre ensuite vers une limite environ* 100 *fois supérieure à la valeur minima*. Dans l'état limite le liquide suit assez exactement la loi d'Ohm. Une étude analogue a été faite, autrefois par Reich ([2]) sur l'acétone. Cet auteur vit la conductance spécifique apparente de l'échantillon qu'il observait tomber régulièrement de 407 à $9,8.10^{-10}$ unités pratiques (à la température ordinaire). Si l'on compare les états initial et final de ces deux échantillons, on conclura qu'aucun d'eux n'était parfaitement pur, et que si l'acétone possède une

(1) FRENZEL, *Zeitschr. für Electrochemie*, t. VI, 1900, p. 477.
(2) REICH, *Inaug. Diss.*, Berlin, 1900.

conductibilité propre, celle-ci doit être inférieure à $1,2.10^{-10}$ U.P. à 15°, valeur minima trouvée dans mon expérience.

3° *Alcool éthylique.* — Un seul échantillon étudié a conduit aux résultats suivants :

Tension appliquée : 88 volts. Température : 17°.

	Époque.				
	30s.	2m.	5m.	14h.	21h.
Conductance spécifique apparente en 10^{-9} U.P...	9	12	15	18	25

Le régime limite est conforme à la loi d'Ohm.

4° *Alcool méthylique.* — Un échantillon donne dans les mêmes conditions une conductance spécifique indépendante du temps, qui satisfait à la loi d'Ohm et dont la valeur est 80.10^{-8} U.P. à 15°.

La méthode d'épuration électrique ne s'applique donc pas à ces deux derniers liquides.

De cet ensemble de recherches se dégage une conclusion importante : un courant prolongé, à travers un liquide mauvais conducteur, amène à un régime de conductibilité limite qui peut, suivant les cas, et pour un même liquide, être inférieure ou supérieure à la conductibilité initiale; contrairement à une opinion fréquemment admise, *rien ne permet de considérer a priori comme une propriété spécifique du liquide pur cette conductibilité limite*, même lorsqu'elle constitue une limite inférieure et qu'elle satisfait à la loi d'Ohm.

PHOTOCHIMIE. — *Détermination de l'ordre d'une réaction photochimique.* Note (¹) de M. A. **Tian**, présentée par M. G. Lippmann.

Dans le cas des phénomènes photochimiques, l'étude de la vitesse de réaction en fonction de la dilution se complique du fait que l'absorption de la lumière, et par suite l'éclairement des molécules réagissantes, varient avec la concentration. On a même pu dire que l'ordre des réactions photochimiques dépendait de la concentration et que, par conséquent, cette notion était illusoire pour de tels phénomènes. Je me propose de montrer

(¹) Présentée dans la séance du 13 mai 1913.

comment il est possible de déterminer correctement, dans la plupart des cas, l'ordre d'une réaction photochimique.

1° *Absorption négligeable.* — Supposons d'abord qu'on puisse rendre négligeable l'absorption de la lumière *active*, en opérant avec des solutions diluées et en couche mince. Le problème à résoudre est alors identique à celui qui se pose en cinétique chimique ordinaire, à seule condition que l'éclairement incident reste le même durant toutes les expériences : $C_1, C_2, \ldots, C_p$ étant les concentrations des substances réagissantes, et $dQ : dt$ la vitesse de réaction, il faudra chercher les exposants $\alpha, \beta, \ldots, \mu$ tels que

$$\frac{dQ : dt}{C_1^\alpha, C_2^\beta, \ldots, C_p^\mu} = \text{const.} = K.$$

L'ordre total de la réaction sera

$$\alpha + \beta + \ldots + \mu = \omega.$$

2° *Absorption totale.* — Supposons au contraire qu'on puisse provoquer l'absorption *totale* des radiations *actives* en opérant avec des solutions peu diluées et en couche épaisses. Admettons, puisque cela se présente presque toujours, la validité de la loi de Beer pour le système en réaction. L'équation donnant la vitesse de réaction par centimètre carré exposé, établie dans une Note précédente [1],

$$\frac{dQ}{dt} = \sum \frac{\varphi}{a} \varepsilon (1 - e^{-al}) \qquad (1)$$

(l épaisseur de la couche et, pour une quelconque des radiations incidentes, φ vitesse par centimètre cube pour l'éclairement 1; ε éclairement et a constante d'absorption), deviendra

$$\frac{dQ}{dt} = \sum \frac{\varphi}{a} \varepsilon.$$

Diluons le système N fois, *sans changer les proportions relatives des corps en présence* (autre que le diluant s'il s'agit d'une solution), on aura

$$a' = \alpha : N \qquad \text{(loi de Beer)},$$
$$\varphi' = \varphi : N^\omega \qquad (\omega, \text{ ordre total de la réaction}),$$

---

(1) *Comptes rendus*, 26 mai 1913.

et par suite

$$\frac{dQ'}{dt'} = \sum \frac{\varphi'}{a^{r}} \varepsilon' = \frac{1}{N^{\omega-1}} \frac{dQ}{dt}.$$

Le rapport des vitesses mesurées expérimentalement permettra donc de déterminer ω.

Ainsi dans le cas d'une réaction du premier ordre la quantité décomposée par seconde sera *la même quelle que soit la dilution*. Dans ce cas, assez fréquent, la concentration du système décroîtra avec le temps suivant une loi linéaire. C'est celle de la décomposition photochimique d'une solution de H^2O^2 renfermant au moins quelques milligrammes par centimètre carré, exposée à la lumière, relativement peu pénétrante, d'une étincelle d'aluminium.

Au contraire, dans le cas d'une réaction plurimoléculaire, la lumière active, entièrement absorbée, fournie au système produira d'autant moins d'effet que la dilution sera plus grande (hydrolyse de l'acide chloroplatinique).

Dans ces expériences, si les produits formés ne sont pas transparents ou catalysent la réaction, on devra déterminer, pour chaque dilution, la vitesse initiale.

3° *Absorption quelconque.* — En lumière monochromatique, dans certains cas, on peut tenir compte de l'absorption (formule de Goldberg et Luther par exemple). Comme on ne dispose pas facilement d'éclairements monochromatiques suffisamment intenses, on est amené, en pratique, à opérer presque toujours en lumière complexe; il sera très difficile, en général, de ramener la vitesse de réaction à sa véritable valeur.

La méthode suivante permet de vérifier très simplement en lumière complexe si une réaction est ou n'est pas du premier ordre, *quelle que soit l'absorption lumineuse*, à seules conditions que la loi de Beer soit applicable et que les substances formées ne puissent troubler le phénomène chimique ou l'absorption lumineuse.

Exposons à la même lumière des couches de concentrations diverses, mais renfermant par unité de surface la même quantité de substance (épaisseur en raison inverse de la concentration). Dans l'expression de la vitesse de réaction, équation (1), les exponentielles conserveront, dans tous les cas, la même valeur. Soient alors deux expériences pour lesquelles les concentrations sont dans le rapport de 1 à N, si la vitesse de réaction par centi-

mètre carré est *la même*, c'est que

$$\left(\frac{\varphi_1}{a_1} - \frac{\varphi'_1}{\mathrm{N}a_1}\right)\mathrm{A} + \left(\frac{\varphi_2}{a_2} - \frac{\varphi'_2}{\mathrm{N}a_2}\right)\mathrm{B} + \ldots = 0.$$

Cette relation étant vérifiée pour un éclairement quelconque, c'est-à-dire quelles que soient les constantes A, B, ..., on devra avoir une série d'égalités telles que

$$\frac{\varphi_p}{a_p} = \frac{\varphi'_p}{\mathrm{N}a_p} \qquad \text{ou} \qquad \varphi'_p = \mathrm{N}\varphi_p,$$

autrement dit la réaction sera monomoléculaire.

J'ai utilisé cette méthode pour montrer que même en solution concentrée, *malgré la variation apparente de la constante de vitesse*, la décomposition photochimique de H^2O^2 était une réaction du premier ordre ([1]).

PHYSICO-CHIMIE. — *Sur une loi de Tonométrie et ses conséquences relatives à la théorie des ions.* Note ([2]) de M. **Eugène Fouard**, présentée par M. E. Bouty.

On sait que le coefficient de dissociation ionique α d'un électrolyte en solution aqueuse est déterminé, en Tonométrie, selon Raoult et Arrhenius, en divisant par le nombre 0,185 la *diminution moléculaire expérimentale* de tension de vapeur $\frac{f-f'}{fn}$. La valeur d'extrapolation 0,185 est la limite de $\frac{f-f'}{fn}$ pour une molécule-gramme de corps dissous, non dissocié, *supposé en solution infiniment étendue;* elle est égale à $\frac{d'}{d} \times \frac{\mathrm{M}}{100}$, où $\frac{d'}{d}$ figure le rapport des densités de vapeur réelle et théorique de l'eau, et M son poids moléculaire *physique*, *à l'état liquide* ([3]).

I. Ce diviseur commun 0,185 n'a de raison d'être qu'à 100°, car ses deux facteurs composants, $\frac{d'}{d}$ et M, varient avec la température. Ainsi, il est admis que l'eau est un liquide polymérisé ([4]) contenant, à 0°, de 200^g à 300^g d'agrégats moléculaires, proportion qui s'abaisse par l'action de la chaleur; de là résulterait un poids moléculaire physique moyen de l'eau liquide

([1]) *Comptes rendus*, 10 avril 1911.

([2]) Présentée dans la séance du 2 juin 1913.

([3]) Raoult, *Tonométrie*, p. 79 et 85.

([4]) Duclaux, *Revue générale des Sciences*, 1912, p. 886.

$M_0 = 22,5$, à 0°, à partir duquel décroîtrait M_T, toujours supérieur à la valeur chimique. Dans cette conception, l'application de la méthode d'Arrhenius au calcul des degrés α, à la température T, exige la substitution à 0,185 du diviseur commun $\delta_T = \left(\frac{d'}{d}\right)_T \times \frac{M_T}{100}$. . . . . . .

II. On peut déduire, des recherches de Raoult sur les solvants usuels, l'énoncé d'une loi générale, en exprimant la loi de Raoult et Recoura sous la forme suivante : $\frac{f-f'}{fn} = \left(\frac{d'}{d}\right)_T \times \frac{M_T}{100}$; or, c'est seulement lorsque la solution est infiniment étendue que cette égalité est rigoureusement vérifiée avec la valeur exacte de M_T; comme, entre 0° et 25°, $\frac{d'}{d}$ devient égal à l'unité, on a $\lim \frac{f-f'}{f\frac{n}{100}} = M_T = 100\,\delta_T$; d'où : *pour chaque solvant, à une température T, comprise entre 0° et 25°, la diminution moléculaire des tensions de vapeur de ses solutions tend, lorsque la dilution augmente indéfiniment, vers une valeur limite, représentée par le poids moléculaire physique* M_T *du solvant liquide*. Dans le cas de l'eau, le $\frac{1}{100}$ de M_T figure le diviseur δ_T, base du calcul des degrés de dissociation α.

III. La limite M_T, rattachée uniquement à une propriété fondamentale de structure du dissolvant, se rapporte à une molécule-gramme quelconque dissoute. Donc, si un ion est cinétiquement équivalent à une molécule, M_T doit mesurer identiquement, dans la solution infiniment étendue d'une molécule-gramme d'un électrolyte, intégralement dissocié, l'abaissement partiel dû à chacun de ses x ions-grammes. La diminution moléculaire limite serait alors $x \times M_T$, ou, à 100° : $x \times 18,5$, soit, pour un sel à 2 ions : 37; pour un sel à 3 ions : 55,5; on a ainsi la valeur des ordonnées d'origine des courbes tonométriques à 100°. Cependant, les expériences de Raoult montrent la tendance générale des ordonnées $\frac{f-f'}{fn}$ à décroître vers des limites extrêmement inférieures, voisines même, pour les électrolytes à 3 ions, du nombre 18,5 relatif aux substances organiques. Faut-il donc supposer que ces courbes, au point où s'arrêtent les expériences, présentent toutes un minimum et doivent se relever, dans la région des grandes dilutions, qui nous est actuellement inconnue; ou bien faut-il admettre que rien ne fait prévoir ce changement d'allure et qu'elles convergent vers le même point, avec celles des substances organiques? Il en découlerait l'équivalence ciné-

tique de toutes les molécules-grammes, organiques ou électrolytiques, en solution infiniment étendue, ce que suggéraient d'ailleurs mes expériences antérieures en osmométrie.

IV. La vérification, pour un électrolyte, de l'abaissement de $\frac{f-f'}{fn}$ vers des valeurs identiques à celles des solutions organiques, peut être tentée par une autre voie, par l'action des températures décroissantes. En effet, contrairement à l'affirmation classique, Raoult a établi, en dernier examen, que $\frac{f-f'}{fn}$, pour une solution donnée de substance organique, diminue lentement avec la température ([1]). Comment, à cet égard, se comporte un électrolyte ? Comparons, pour une solution normale de chlorure de potassium, les valeurs de $\frac{f-f'}{fn}$ à des températures différentes, provenant des expériences indépendantes de Raoult, à 100°, (R); de Krauskopf, à 40°, (K); et des miennes, à 22°, (F) ([2]); on obtient, conformément aux prévisions, les nombres décroissants : (R), 0,330 ; (K), 0,298 ; (F), 0,276 ; ce qui engage à étendre la vérification jusqu'à 0° : la méthode tonométrique, établie par M. de Tonnay-Charente et moi, nous a donné, à cette dernière température, une différence $f-f'=1^{mm},7$ en huile de vaseline de densité $d_0=0,870$, d'où $\frac{f-f'}{fn}=0,231$, valeur venant se placer à la suite des précédentes, et voisine de celles citées couramment pour les substances organiques.

Mais il y a plus : calculons les degrés de dissociation α pour chacune de ces diminutions moléculaires 0,330 ; 0,298 ; 0,276 ; 0,231, en les divisant, comme on l'a vu, par les diviseurs δ_T correspondants. Ceux-ci, au contraire, augmentant de $\delta_{100}=0,185$ à $\delta_0=0,225$, fourniront une suite de quotients $1+\alpha$, et de degrés α, présentant une variation décroissante considérable, de 0,73 à 100°, jusqu'à 0,025 à 0°, où α devient presque nul. Le degré de dissociation électrolytique de la solution normale de chlorure de potassium, évalué selon le mode tonométrique de Raoult-Arrhenius, varie donc, avec la température, d'une façon absolument discordante, imprévue par les mesures de conductivité électrique.

([1]) RAOULT, *Tonométrie*, p. 26.

([2]) RAOULT, *Tonométrie*, p. 33. — KRAUSKOPF, *J. Ph. Ch.*, t. XIV, 1910. — E. FOUARD, *Comptes rendus*, t. 156, p. 622.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude magnétique de la constitution de quelques alliages d'antimoine*. Note de M. **P. Leroux**, présentée par M. E. Bouty.

J'ai étudié, à l'aide de la balance magnétique de Curie et Cheneveau (¹), les alliages plomb-antimoine et étain-antimoine.

Les mesures ont été faites sur de petits lingots de 28^{mm} de longueur et de 5^{mm} de diamètre, obtenus par fusion des alliages dans un moule en aluminium et grattés avec des morceaux de verre. Les valeurs relatives qui ont servi pour construire les courbes sont probablement exactes au centième.

La composition des alliages est connue par les masses des métaux fondus ensemble, mais elle a été vérifiée par l'analyse.

I. *Alliages étain-antimoine*. — On admet l'existence du composé Sb-Sn et de plusieurs solutions solides.

La courbe obtenue dans ce cas (*fig*. 1) présente un point anguleux

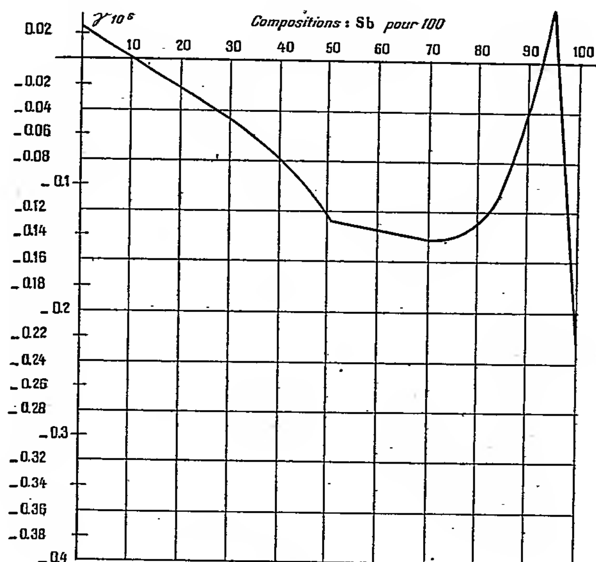


Fig. 1.

pour Sb = 50, ce qui confirme l'existence du composé Sb-Sn et s'accorde

(¹) *Œuvres de Pierre Curie*, p. 598. Pour la préparation de ces alliages, je me suis servi de produits commerciaux préparés spécialement par la maison Poulenc, de façon à être exempts de fer.

bien avec le résultat des mesures des forces électromotrices de Pouchine ([1]), mais elle possède en outre un deuxième point anguleux pour $Sb = 95$, ce qui correspond peut-être à une solution solide limite ([2]).

II. *Alliages plomb-antimoine.* — On admet généralement l'existence d'un eutectique en se basant sur le diagramme de solidification et sur l'étude micrographique; cependant la courbe des forces électromotrices

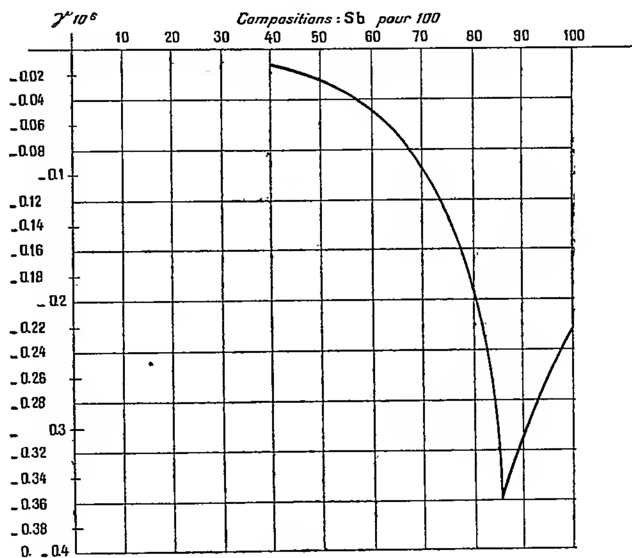


Fig. 2.

de dissolution ([3]) ne s'accorde pas avec ce fait; elle reste horizontale et s'abaisse brusquement pour $Sb = \frac{85}{100}$, puis s'incurve. D'autre part la courbe des conductibilités électriques de Matthiesen ([4]) n'est pas rectiligne. S'il existait seulement un eutectique nous devions nous attendre à ce que la courbe représentant le coefficient spécifique d'aimantation en fonction de la composition se réduisît à une droite ([5]). Au contraire cette courbe (*fig.* 2)

([1]) *Revue de Métallurgie*, t. IV, 1907, p. 933.

([2]) Je signalerai en passant que j'ai retrouvé, pour l'antimoine pur, les anomalies déjà signalées par Curie (*Thèse*, p. 41) et que, de plus, j'ai constaté que l'état de division de l'antimoine semble influer sur son diamagnétisme.

([3]) Pouchine, *Revue de Métallurgie*, t. IV, 1907, p. 933.

([4]) *Pogg. Annalen*, t. CX, 1860, p. 210.

([5]) C'est bien le résultat qu'on obtient, ainsi que je m'en suis assuré, pour les alliages Pb-Sn où l'existence d'un eutectique est certaine.

présente un maximum, puis un point anguleux pour les alliages voisins de $\frac{85}{100}$, ce qui concorde très bien avec le résultat trouvé par Pouchiné.

Les alliages plomb-antimoine sont donc plus compliqués qu'on ne l'admet généralement. L'existence d'un composé à $\frac{85}{100}$ ou $\frac{86}{100}$ de Sb est probable.

PHOTOCHIMIE. — *Synthèse photochimique d'un composé nouveau, l'oxycyanure de carbone, au moyen des rayons ultraviolets.* Note de MM. **Daniel Berthelot** et **Henry Gaudechon**, présentée par M. E. Jungfleisch.

L'oxyde de carbone est un composé non saturé, très apte à donner sous l'influence de la lumière des produits d'addition. Le plus anciennement connu est l'oxychlorure de carbone ClCOCl qui se forme dans l'action des rayons solaires directs sur le mélange de chlore et d'oxyde de carbone. Les analogies chimiques du radical cyanogène CN avec le chlore Cl nous ont engagé à essayer d'obtenir par l'action des rayons ultraviolets sur le mélange de cyanogène et d'oxyde de carbone, le composé analogue, l'oxycyanure de carbone CNCOCN, et nous y avons réussi. Ce composé nouveau est intéressant par sa simplicité; les corps ternaires connus jusqu'ici, formés de carbone, d'azote et d'oxygène, étant relativement rares et de structure plus compliquée.

Nous avons constaté autrefois que les rayons ultraviolets ne modifient pas l'oxyde de carbone seul : ce gaz n'est ni polymérisé, comme il l'est par l'effluve, ni dissocié en carbone et anhydride carbonique, comme il l'est par la chaleur; quant au cyanogène, il est rapidement polymérisé en paracyanogène solide de couleur brune.

Il en va tout autrement quand CO et C^2N^2 sont mélangés. Suivant une constatation déjà faite par nous sur divers gaz polymérisables, mis en présence d'un excès d'autres gaz sur lesquels ils réagissent, C^2N^2 ne se polymérise plus, mais se combine à CO, et les deux gaz disparaissent simultanément.

Les mélanges de CO et C^2N^2 étaient exposés en tubes ou ballons de quartz devant la lampe à mercure durant une douzaine d'heures ([1]). Au

([1]) L'action est due surtout aux rayons de courte longueur d'onde $\lambda < 0^{\mu},25$, car dans les conditions précédentes elle est insensible avec la lampe uviol.

bout d'un quart d'heure environ, on voit se former sur la paroi froide un dépôt jaune fauve d'oxycyanure de carbone qui s'accroît régulièrement.

Nous avons étudié dix mélanges de CO et C^2N^2 en proportions variables contenant de 10 à 50 pour 100 de C^2N^2; les volumes irradiés ont varié de 12^{cm^3} à 50^{cm^3}; la distance de la lampe à la paroi en regard de 3^{mm} à 10^{mm}.

Nous avons trouvé, dans le gaz irradié, non seulement CO et C^2N^2, mais encore de petites quantités de CO^2. Le dosage a été fait par la méthode suivante que nous avons imaginée et vérifiée sur des mélanges synthétiques. Une fraction du mélange de CO, C^2N^2 et CO^2 est traitée par KOH qui absorbe C^2N^2 et CO^2, puis par Cu^2Cl^2 qui absorbe CO; l'autre fraction est traitée par Cu^2Cl^2 qui absorbe CO et C^2N^2, et laisse inabsorbé CO^2. Le plus souvent nous avons encore contrôlé les résultats par combustion eudiométrique.

Nous avons observé dans la plupart des cas la disparition de volumes sensiblement égaux de CO et de C^2N^2 (dans quelques cas il disparaît un léger excès de CO); le rapport des volumes disparus reste voisin de l'unité [1] quand on fait varier de 10 à 50 pour 100 la teneur en C^2N^2, ce qui indique bien qu'on a affaire à la combinaison définie CN.CO.CN.

La combinaison est favorisée par la présence de traces d'eau inévitables dans les manipulations sur la cuve à mercure; quand on opère en présence d'anhydride phosphorique, le dépôt jaune ne commence à se manifester qu'au bout de 2 heures. Ce fait est à rapprocher de celui observé par M. Lemoine pour la polymérisation du cyanogène au soleil (*Comptes rendus*, t. 93, 1881, p. 514). Nous attribuons l'apparition des petites quantités de CO^2 signalée plus haut, à l'action de traces d'eau sur le solide par le mécanisme décrit plus loin.

L'oxycyanure de carbone paraît se former à l'état de corps encore gazeux un peu au-dessous de 100°, car il ne se précipite pas sur la paroi chaude [2]; mais cette forme est fugace et il se condense bientôt sur la paroi froide sous forme solide. Ces faits constatés dans la formation de $COCy^2$ aux dépens de CO et Cy^2 rappellent ceux que nous avons

---

(1) Indiquons ici qu'après irradiation de 12 heures du mélange d'oxyde de carbone et d'acide cyanhydrique, le volume de CO n'a pas varié.

(2) La température de la paroi chaude tournée vers la lampe n'atteignait pas 100°; celle de la paroi froide était généralement maintenue vers 35° par une mèche humectée d'eau. Les corps peu volatils, dans ces conditions, se déposent sur toutes les parois (paracyanogène), parfois même (arsenic) de préférence sur la paroi chaude voisine de la lampe où l'action photochimique est plus forte.

observés dans la formation de COH^2 aux dépens de CO et H^2; la formaldéhyde et l'oxycyanure de carbone sont des composés organiques simples, qui n'existent à l'état gazeux que d'une manière transitoire, et ont tendance à se condenser à l'état solide, surtout en présence des rayons ultraviolets.

L'oxycyanure solide, chauffé à 200°, ne se volatilise pas, mais dégage de faibles quantités d'azote. Rappelons qu'à cette température, le paracyanogène n'est pas altéré par la chaleur. L'oxycyanure est soluble à l'état de liqueur jaune dans les alcalis, ce qui montre qu'il ne contient pas de charbon. L'état de polymérisation de l'oxycyanure est rendu manifeste par le fait que, pour en brûler complètement quelques milligrammes dans l'oxygène au rouge, il a fallu prolonger la combustion près de 20 minutes.

La propriété chimique essentielle de l'oxycyanure de carbone est son dédoublement par hydrolyse suivant l'équation



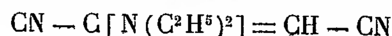
$$CN.CO.CN + HOH = CO^2 + 2HCN.$$

Il est à supposer qu'il se forme d'abord de l'acide cyanhydrique HCN et de l'acide cyanoformique (mononitrile oxalique) CN.COOH, composé instable dont les éthers seuls sont connus, et qui se dédouble lui-même en CO^2 et HCN; en sorte que, finalement [1], l'oxycyanure se décompose intégralement en 2^{vol} de HCN pour 1^{vol} de CO^2.

16^{mg} d'oxycyanure ont été dissous dans l'eau de baryte, puis traités par SO^4H^2 dilué à 60°; dans le mélange on a fait passer lentement un courant d'hydrogène pur et sec, préalablement lavé dans des flacons de potasse et d'azotate d'argent. Les gaz dégagés traversaient une solution titrée d'azotate d'argent pour doser HCN, et une solution titrée de baryte pour doser CO^2. L'hydrolyse était lente et a exigé plus de 2 heures pour être complète. On a trouvé $10^{mg},8$ de HCN et $8^{mg},8$ de CO^2, ce qui correspond à 2^{vol} de HCN pour 1^{vol} de CO^2. D'après l'équation donnée plus haut, $19^{mg},6$ de gaz doivent provenir de 16^{mg} d'oxycyanure, ce qui est en effet le poids de solide employé : celui-ci a donc été décomposé en totalité.

---

(1) MM. Moureu et Bongrand, dans des recherches inédites qu'ils ont bien voulu nous communiquer, ont constaté un dédoublement de ce genre avec le corps



$$CN - C[N(C^2H^5)^2] = CH - CN$$

qu'ils ont obtenu par fixation directe de diéthylamine sur le sous-azoture de carbone.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la séparation quantitative du fer et du chrome.* Note de MM. **F. Bourion** et **A. Deshayes**, présentée par M. A. Haller.

Dans une Communication précédente [1], l'un de nous a montré qu'en faisant agir un mélange convenable de gaz chlorhydrique et de protochlorure de soufre S^2Cl^2 sur un mélange d'oxydes ferrique et titanique, le fer se séparait quantitativement, à l'état de chlorure ferrique volatil, de l'acide titanique inattaqué.

Cette méthode, appliquée au mélange d'oxydes chromique et ferrique, réalisé comme le précédent par calcination des oxydes précipités ensemble par l'ammoniaque, a échoué : car, en le soumettant à une attaque même prolongée, on obtient un résidu d'oxyde chromique retenant une proportion importante d'oxyde ferrique; on doit en conclure que le mélange d'oxydes de fer et de chrome est plus voisin d'une solution solide parfaite que le mélange d'oxydes ferrique et titanique. Les mêmes observations ont été faites avec le mélange d'alumine et d'oxyde de fer.

Nous avons alors cherché à séparer le chrome du fer en nous basant sur un principe différent : l'insolubilité dans l'eau du chlorure chromique anhydre Cl^3Cr.

En fait, quand on transforme sans précaution les oxydes en chlorures par le mélange de chlore et de bichlorure de soufre, on constate que la dissolution par l'eau du chlorure ferrique entraîne celle d'une fraction appréciable de chlorure chromique anhydre, dont on sait, par ailleurs, qu'une trace de catalyseur réducteur en détermine la dissolution.

Nous n'avons pas évité davantage cet entraînement en utilisant des dissolvants organiques : alcools à 95° ou absolu, éthers à 65° ou anhydre.

On peut cependant, moyennant une réalisation convenable de la chloruration, obtenir des résultats satisfaisants par l'emploi de l'eau comme agent séparateur; deux cas se sont alors présentés :

1° En soumettant à l'action d'un courant lent de chlorure (5 à 15 bulles par minute), chargé de vapeurs de bichlorure de soufre (porté à 30°-40°), un mélange de deux oxydes chauffé graduellement de 200° à 650°, on est conduit à des nombres exacts pour des teneurs en oxyde chromique variant de 0 à 30 pour 100, comme le montre le Tableau suivant :

---

[1] F. Bourion, *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 1129.

	Cr^2O^3 pour 100		Fe^2O^3 pour 100	
	pris.	observé.	pris.	observé.
1...........	0,66	0,64	99,34	99,32
2...........	3,22	3,20	96,78	96,42
3...........	7,68	7,61	92,32	92,84
4...........	7,68	7,65	92,32	92,21
5...........	19,99	19,91	80,01	79,72
6...........	29,40	29,35	70,60	70,54

2° Mais on observe un important déficit en chrome dans des mélanges dont la teneur en oxyde chromique croît au delà de 40 pour 100, et qui peut atteindre 5 pour 100 dans un mélange renfermant 95 pour 100 de cet oxyde.

Un examen attentif nous a montré que c'est le chlorure chromique déposé en couche mince dans les parties les plus froides du tube, qui seul entre en dissolution.

Nous avons réduit ce phénomène, au point de rendre la méthode quantitative, en ajoutant aux oxydes environ une fois leur volume de sulfate d'ammoniaque pulvérisé; en chauffant progressivement ce mélange dans un courant de chlore seul, le sulfate d'ammoniaque fond, se décompose en acide sulfurique et gaz ammoniac que le chlore transforme en acide chlorhydrique et azote; la matière devenue poreuse s'attaque ensuite plus facilement par le mélange chlorurant et aussi se trouve abaissée la tension de vapeur du chlorure chromique issu de ce mélange qui a fondu; il en résulte que ce chlorure se dépose plus compact, dans des régions moins éloignées des parties chauffées.

On chauffe ensuite graduellement de 500° à 650°, pendant 3 ou 4 heures, ce mélange dans un lent courant de chlore, chargé de vapeurs de chlorure de soufre, comme il a été dit (1°).

Dans un essai particulier, une masse égale à $0^g,2071$ d'acide chromique transformé en chlorure Cl^3Cr, n'a cédé à l'eau que $0^g,0009$ d'oxyde, soit moins de $\frac{1}{200}$.

Voici les résultats obtenus dans des mélanges à plus de 40 pour 100 d'oxyde chromique :

	C^2O^3 pour 100		Fe^2O^3 pour 100	
	pris.	observé.	pris.	observé.
1...........	43,90	43,68	56,10	56,16
2...........	61,02	60,88	38,98	38,93
3...........	61,02	61,10	38,98	39,01
4...........	76,71	76,57	23,29	23,11
5...........	79,46	79,42	20,54	20,76
6...........	79,46	79,30	20,54	20,59
7...........	95,68	95,49	4,32	4,51
8...........	95,68	95,32	4,32	4,48

L'entraînement d'un peu de chrome par le fer dans les dosages 7 et 8, affecte d'une façon faible, mais évidente, les teneurs en oxyde de fer.

Dans les deux cas, la masse du mélange d'oxydes pulvérisé, corrigée de la perte au feu, est voisine de $0^g,3$, sauf pour les mélanges pauvres en chrome où elle est de $0^g,4$ à $0^g,5$.

Étalée dans une nacelle sur une longueur de 5^{cm} à 6^{cm}, on chauffe dans cette région le tube sur une longueur d'environ 10^{cm}; on déduit le poids d'oxyde chromique du poids de chlorure chromique obtenu en ajoutant à celui qui reste dans la nacelle celui qu'on recueille dans un creuset de Gooch taré, après l'avoir porté à 100°, avant les deux pesées.

Pour le lavage du tube, qui se fait à l'eau froide, on doit le sectionner, afin de retirer la nacelle sans entraîner le chlorure ferrique qui s'est partiellement déposé en avant du tube, à cause de la lenteur du courant gazeux; on a le poids d'oxyde de fer en précipitant cet oxyde par l'ammoniaque dans les eaux de lavage oxydées par l'eau de brome ou l'acide nitrique, auxquelles on a ajouté celles qui sont contenues dans le laveur disposé à la suite du tube où se fait l'opération.

Dans les mélanges pauvres en fer, l'oxyde ferrique, recueilli dans un creuset de platine, doit être traité par l'acide fluorhydrique pour être débarrassé de la petite quantité de silice qu'il contient.

En résumé, cette méthode nous semble recommandable :

1° Pour des mélanges pauvres en chrome, à cause de son exactitude ;

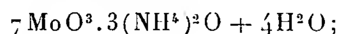
2° Pour des mélanges de teneur quelconque lorsque, au cours d'une analyse, les deux oxydes ont été amenés à l'état d'oxydes calcinés.

Nous appliquons cette méthode à la séparation de l'aluminium et du chrome, et à l'analyse de la chromite qui renferme, notamment, des oxydes de chrome, de fer et d'aluminium.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la constitution des paramolybdates et des paratungstates*. Note de M. **H. Copaux**, présentée par M. Haller.

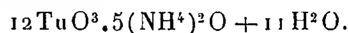
On a coutume d'appeler *para*molybdates et *para*tungstates deux groupes de sels qui ont entre eux quelques ressemblances, mais qui sont au fond bien distincts.

Ils diffèrent d'abord par la composition brute. Ainsi le paramolybdate d'ammoniaque, le réactif ordinaire de l'acide phosphorique, a pour formule



$$7MoO^3.3(NH^4)^2O + 4H^2O;$$

le paratungstate d'ammoniaque :



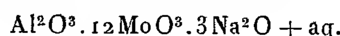
$$12TuO^3.5(NH^4)^2O + 11H^2O.$$

Et même ils diffèrent par la constitution, si les considérations suivantes sont exactes.

1. Cette constitution, inconnue jusqu'ici, est certainement du type *complexe*, en raison même de l'aspect anormal des formules empiriques et aussi de l'abondance des sels complexes parmi les composés du molybdène et du tungstène.

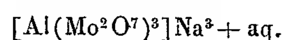
Or on simplifie beaucoup la manière de représenter ces complexes molybdiques et tungstiques, en les considérant, avec M. Miolati, comme des produits de substitution.

Par exemple, le molybdoaluminate de sodium



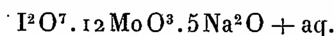
$$Al^2O^3 . 12 MoO^3 . 3 Na^2O + aq.$$

s'exprime d'une façon plus satisfaisante par



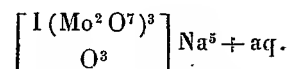
$$[Al(Mo^2O^7)^3]Na^3 + aq.$$

qui dérive de l'orthoaluminate AlO^3Na^3, par substitution de trois radicaux bivalents Mo^2O^7 à 3^{at} d'oxygène. De même, le molybdoperiodate



$$I^2O^7 . 12 MoO^3 . 5 Na^2O + aq.$$

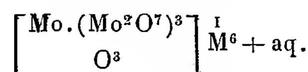
dérive du periodate type IO^6M^5, par remplacement de 3^{at} d'oxygène sur 6



$$\begin{bmatrix} I(Mo^2O^7)^3 \\ O^3 \end{bmatrix} Na^5 + aq.$$

D'après cette manière de voir, les nombreux sels complexes qui encombrent la chimie du molybdène et du tungstène seraient mieux placés auprès de leurs acides générateurs, acides polybasiques ou peu énergiques, de l'aluminium, du bore, du silicium, acides organiques, etc.

Mais l'anhydride molybdique lui-même, MoO^3, correspond à un acide *ortho*-molybdique MoO^6H^6, dont les sels, inconnus à l'état libre, doivent acquérir de la stabilité par introduction des radicaux Mo^2O^7, ainsi qu'on l'observe dans tous les autres cas. Et si l'on remplace dans la molécule MoO^6M^6, 3^{at} d'oxygène sur 6, comme dans les molybdoperiodates, on obtient la formule



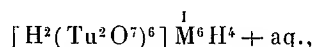
$$\begin{bmatrix} Mo.(Mo^2O^7)^3 \\ O^3 \end{bmatrix} \overset{\mathrm{I}}{M}{}^6 + aq.$$

qui est bien celle des paramolybdates, mise sous une forme plus rationnelle ($\overset{\mathrm{I}}{M}$ étant un métal monovalent).

Dans cette hypothèse, les paramolybdates sont des orthomolybdates substitués, où le molybdène joue deux rôles, l'un, générateur de l'acide; l'autre, substituant.

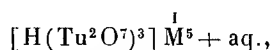
2. Quant aux paratungstates, ils sont, à mon avis, d'une autre nature. Je les considère comme des *hydro*tungstates, parce que leur mode de formation ressemble à celui des métatungstates, qui sont assurément des hydrotungstates. En effet, quand on traite le tungstate neutre de soude en solution diluée, chaude, par un excès d'acide fort, il se fait du métatungstate; quand on traite le même tungstate neutre en solution concentrée, froide, par un excès d'acide carbonique, il se dépose des cristaux de paratungstate de sodium : les deux réactions ne diffèrent que par l'intensité.

Aussi, rappelant pour mémoire la formule de constitution des métatungstates :



$$[H^2(Tu^2O^7)^6]\overset{\mathrm{I}}{M}{}^6H^4 + \text{aq.},$$

je représenterai les paratungstates par



$$[H(Tu^2O^7)^3]\overset{\mathrm{I}}{M}{}^5 + \text{aq.},$$

formule qui n'est pas la seule possible, mais la plus simple qui soit compatible avec la composition des paratungstates, avec la nature d'hydrotungstates que je leur attribue et avec la notation coordonnée.

L'acide *hydrique* générateur qui, pour les métatungstates, est $[H^2O^6]H^6H^4$ ou $(H^2O)^6$, serait, pour les paratungstates, $[HO^3]H^5$ ou $(H^2O)^3$, soit justement le trihydrol, qui passe pour être l'un des constituants de l'eau liquide.

3. La meilleure manière de prouver l'exactitude de ces formules serait de les appuyer sur des rapprochements isomorphiques, comme ceux qui m'ont servi dans l'étude des métatungstates. Mais aucun sel actuellement connu ne se prêtant à une telle comparaison, il faut y renoncer, au moins provisoirement.

Par contre, je puis ajouter deux sortes d'arguments qualitatifs à l'appui de mes formules.

Absorption de la lumière. — Le premier est fondé sur l'absorption.

J'ai observé précédemment que les tungstates complexes absorbent énergiquement la lumière ultra-violette, fait d'autant plus notable que les

tungstates simples sont à peine absorbants [1]. La différence est moins grande entre molybdates simples et molybdates complexes, mais dans les deux cas elle est amplement suffisante pour servir de réactif de la complexité.

On placera donc la substance, dissoute ou mise sous forme de lamelle cristalline, sur le trajet du faisceau lumineux d'un arc au fer, et l'on déterminera la limite d'absorption par photographie du spectre.

Les paratungstates, ainsi essayés, se montrent moins absorbants que les métatungstates, mais beaucoup plus que les tungstates simples; les paramolybdates absorbent moins que les silicomolybdates, mais plus que les molybdates simples, plus même que les molybdoperiodates, qui sont évidemment des complexes. Ainsi se trouve justifiée la présence des groupes caractéristiques, Mo^2O^7 et Tu^2O^7, dans les sels para.

Déshydratation. — De plus, j'ai déshydraté par la chaleur les quatre sels suivants, choisis comme types, et mesuré les quantités d'eau qu'ils retiennent, à températures croissantes :

T.	Paratungstate de sodium $[H(Tu^2O^7)^3]Na^5$ $+13,5\,H^2O$.	Paratungstate de potassium $[H(Tu^2O^7)^3K^5]$ $+5\,H^2O$.	Paramolybdate de sodium $\left[\begin{matrix}Mo(Mo^2O^7)^3\\O^3\end{matrix}\right]Na^6$ $+22\,H^2O$.	Molybdoperiodate de sodium $\left[\begin{matrix}I(Mo^2O^7)^3\\O^3\end{matrix}\right]Na^5$ $+14\,H^2O$.
°	H^2O	H^2O	H^2O	H^2O
110....	2,5	2,7	1	0,3
150....	2	2,2	0,5	0,1
200....	1,2	1,2	0	0
250....	0,7	0,7	0	départ d'iode.

Les deux premiers sels, hydratés par constitution, se sont déshydratés plus difficilement que les deux derniers, conformément aux formules admises.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les points de transformation et la structure des aciers nickel-chrome.* Note de M. **Léon Guillet**, présentée par M. Le Chatelier.

J'ai eu l'honneur d'indiquer à l'Académie les diagrammes qui relient la structure et la composition chimique des aciers-nickel d'une part [2], des

(1) H. Copaux, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. XXV, 1912, p. 39.
(2) *Comptes rendus*, 1903, 2e semestre, p. 411.

aciers au chrome [1], d'autre part. Au contraire de ce qui se passe pour les aciers nickel-manganèse, le diagramme des alliages quaternaires fer-carbone-nickel-chrome ne paraît pas se déduire de ceux des alliages ternairês fer-carbone-nickel et fer-carbone-chrome.

Il est, d'ailleurs, bien à noter que les diagrammes que j'ai déterminés ne sont pàs des diagrammes d'équilibre. Différents auteurs ont déjà indiqué quelques résultats obtenus avec les aciers nickel-chrome [2] et M. Grenet [3] a fait des remarques d'ordre général sur l'influence de divers éléments tels que chrome et tungstène qui, ajoutés au fer, n'abaissent les températures de transformation au refroidissement qu'en présence du nickel.

J'ai cherché à préciser l'influence du chrome sur la position des points de transformation d'aciers au nickel afin d'établir les conditions de composition que doivent remplir les aciers nickel-chrome trempant à l'air, qui acquièrent actuellement une si grande importance industrielle. Mes observations ont porté sur une cinquantaine d'échantillons; je résumerai dans le Tableau suivant les résultats caractéristiques : ils ont été obtenus avec l'appareil Saladin-Le Chatelier en chauffant les échantillons jusqu'à 1000°, la vitesse d'échauffement étant de 400° à l'heure et la vitesse de refroidissement de 350° à l'heure.

Composition chimique.			Points de transformation		
C.	Ni.	Cr.	à l'échauffement.	au refroidissement.	Structure.
0,07	3,40	0	670-690 et 750	645 et 550	Perlite
0,05	0	0,60	715	705 et 660	»
0,08	3,44	0,61	680 et 740	630 et 570	»
0,08	6,50	0	635-680	515	Perlite et Martensite
0,08	0	1,45	725	725 à 675	Perlite
0,10	6,24	1,26	680	345	Martensite
0,18	5,25	0	640 et 675	530	Perlite orientée
0,19	0	1,33	700	645	Perlite
0,22	5,23	1,18	655	410	Martensite et Perlite
0,32	2,32	0	680	645-600	Perlite
0,30	0	0,78	675	635-595	»
0,25	2,40	0,66	685	585	»
0,27	4,2	0	640	530	»
0,28	0	2,19	710	640	»
0,31	4,5	1,93	670	Rien	Martensite et Fer γ
0,57	2,57	1,60	685	Rien	Fer γ et un peu de Martensite

[1] *Comptes rendus*, 1904, 2e semestre, p. 426.

[2] DUMAS, *Recherches sur les aciers au nickel*, p. 108. Dunod et Pinat, éditeurs.

[3] GRENET, *Trempe, recuit, cémentation des aciers*, p. 105.

L'examen métallographique met nettement en vue ce fait fort remarquable, à savoir qu'à même teneur en carbone et en chrome un acier perlitique renfermant du nickel a une tendance plus grande à la structure eutectoïde : c'est ainsi que l'acier à 0,25 pour 100 C, 2,40 pour 100 Ni et 0,66 pour 100 Cr a l'aspect d'un acier ordinaire à 0,75 pour 100 C, tandis que l'acier à 0,30 pour 100 C et 0,78 pour 100 Cr correspond à l'acier ordinaire à 0,35 pour 100 C. Toutefois la structure tend vers l'osmondite.

D'autre part, ces résultats montrent que l'addition de chrome à un acier au nickel agit différemment suivant la teneur en nickel et la teneur en carbone de l'alliage : alors que 0,60 pour 100 environ de chrome n'abaisse pas les points de transformation des aciers à 2,5 ou 3,4 pour 100 de nickel renfermant 0,08 ou 0,25 pour 100 de carbone, une addition de 1,2 pour 100 de chrome, soit le double, produit un effet extrêmement net sur la position des points de transformation d'aciers renfermant 4 à 6,25 pour 100 de nickel augmentant l'hystérésis dans des proportions notables.

Je cherche actuellement à m'assurer si, dans de tels aciers, l'influence du chrome est proportionnelle à la teneur en cet élément.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation de l'alcool diglycérique.* Note (1) de M. **Jean Nivière**, présentée par M. A. Haller.

Dans une Note précédente j'ai exposé les recherches que j'ai effectuées dans le but d'obtenir l'alcool diglycérique. J'ai montré que l'α-monochlorhydrine, réagissant sur la glycérine monosodée, donnait comme réaction principale du glycide et accessoirement (2 à 3 pour 100) l'alcool diglycérique.

J'ai établi, de même, que l'épichlorhydrine au contact de la glycérine monosodée conduisait bien par élimination de chlorure de sodium au monoanhydride interne de l'alcool cherché, mais que celui-ci se polymérisait au fur et à mesure de sa formation.

Devant ces résultats je pouvais supposer qu'en bloquant les fonctions alcools dans la monochlorhydrine, par des radicaux acétyles par exemple, et faisant réagir cette chlorodiacétine dissymétrique sur la glycérine monosodée, j'obtiendrais par élimination de chlorure de sodium la diacétine

(1) Présentée dans la séance du 26 mai 1913.

dissymétrique de l'alcool diglycérique. Cette diacétine saponifiée conduirait à l'alcool cherché.

J'ai préparé la chlorodiacétine dissymétrique par un nouveau procédé consistant à faire réagir l'anhydride acétique sur l'α-monochlorhydrine obtenue comme je l'ai déjà indiquée (voir Note précédente).

Après ébullition au réfrigérant ascendant (3 heures) avec un excès d'anhydride (2 à 2,5 la quantité théorique), on chasse l'acide et l'excès d'anhydride acétique par distillation à la pression ordinaire.

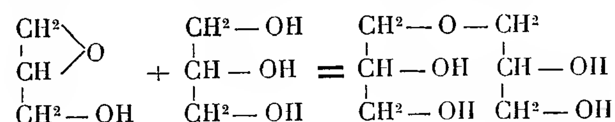
On lave ensuite à l'eau pour dissoudre l'α-monochlorhydrine qui n'aurait pas réagi. On distille dans le vide [E (9^{mm}) = 113°-114°].

Le rendement est satisfaisant : 75 pour 100 de la théorie.

Je rappelle que le procédé de M. de la Aceña (¹) donnait 50 pour 100 de la théorie et nécessitait 8 jours. Il consistait à faire réagir l'acide acétique saturé de HCl sur la triacétine en milieu éthéré.

La chlorodiacétine dissymétrique, réagissant sur la glycérine monosodée, donne une réaction complexe et, accessoirement, la diacétine dissymétrique de l'alcool diglycérique. On obtient dans cette réaction, comme résidu de distillation, un corps qui gonfle sous l'action de l'eau, analogue aux mucilages végétaux.

Pour préparer l'alcool diglycérique, j'ai été amené à faire réagir en proportions équimoléculaires le glycide sur la glycérine :



Pour préparer le glycide, j'ai modifié légèrement le mode opératoire de M. Bigot (²).

Cette modification consiste à faire réagir le sodium, par trois ou quatre morceaux à la fois d'environ 2^g, sur la monochlorhydrine dissoute dans trois fois son volume d'éther absolu. On porte le ballon muni d'un réfrigérant ascendant dans un bain-marie. Il faut s'attacher à ne pas dépasser 40°.

La modification consiste donc essentiellement à faire agir le sodium en plus petits morceaux pour augmenter la rapidité de la réaction et éviter ainsi le contact nuisible du métal alcalin avec le glycide. Car cet alcool au contact du sodium se polymérise et comme conséquence le rendement diminue.

(¹) *Comptes rendus*, t. 139, p. 867.

(²) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 6e série, t. XXII, p. 481.

En opérant comme je viens de l'indiquer, j'ai augmenté le rendement de 29 à 55 pour 100 de la théorie.

Pour préparer l'alcool diglycérique, on chauffe au bain-marie, durant 6 à 7 heures, le glycide et la glycérine anhydre en proportions équimoléculaires. Le produit de la réaction, soumis à la distillation dans le vide, se décompose partiellement. On évite cet inconvénient en acétylant directement le mélange par ébullition avec l'anhydride acétique.

On recueille au début de la triacétine et, entre 195°-205° sous 1^{mm} à 2^{mm}, la tétracétine de l'alcool diglycérique avec un rendement qui est environ le poids du glycide employé.

La tétraacétine de l'alcool diglycérique se présente sous l'aspect d'un liquide oléagineux, soluble en toute proportion dans l'éther, l'alcool, l'acide acétique même fortement dilué; insoluble dans l'eau.

Elle bout à 196°-197° sous 3^{mm}. Sa densité par rapport à l'eau à 17° est de 1,1835.

Elle a été caractérisée par l'analyse et le poids moléculaire.

Pour obtenir l'alcool diglycérique on saponifie la tétraacétine par la quantité juste nécessaire d'une liqueur alcoolique de soude, en la maintenant 3 heures au réfrigérant ascendant.

On ajoute ensuite la quantité légèrement inférieure d'acide sulfurique nécessaire à la transformation totale de l'acétate en sulfate de sodium.

On lave à l'alcool le sel alcalin. On distille à la pression ordinaire le dissolvant et l'on termine dans le vide. On recueille l'alcool diglycérique à 235°-240° sous 6^{mm}.

On obtient un liquide légèrement jaunâtre (provenant d'un commencement de décomposition), extrêmement visqueux, coulant avec difficulté à froid, fluide à chaud.

Insoluble dans l'éther, soluble dans l'eau et l'alcool; il est hygroscopique comme la glycérine.

Il a été caractérisé par sa composition centésimale et la détermination du poids moléculaire.

J'ajouterai qu'en acétylant au préalable des résidus de la distillation des glycérines industrielles, j'ai pu en retirer par distillation fractionnée, sous pression réduite, la tétraacétine de l'alcool diglycérique qui y est contenue dans la proportion de 2 pour 100 environ.

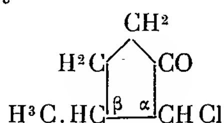
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques dérivés de la β-méthylcyclopentanone.* Note de MM. **Marcel Godchot** et **Félix Taboury**, présentée par M. Jungfleisch.

Dans une précédente Communication (¹), nous avons indiqué les résultats obtenus par nous dans l'action du chlore sur la cyclopentanone et nous avons montré que le dérivé monochloré qu'elle fournit peut servir de matière première pour l'obtention d'une cyclopentanolone et d'une cyclopenténone. La présente Note a pour but de faire connaître les recherches analogues effectuées sur la β-méthylcyclopentanone (²).

β-méthyl-α-chlorocyclopentanone C^6H^9OCl :

Ce composé s'obtient quand on fait passer du chlore sec sur la β-méthylcyclopentanone, maintenue à la lumière diffuse, en évitant de dépasser une température de 25° et en s'arrêtant lorsqu'on a fait réagir un peu plus de 2^{at} de chlore pour 1^{mol} de cétone. On traite alors le produit de la réaction par un grand excès d'eau, on extrait l'huile à l'éther, on lave la solution éthérée plusieurs fois à l'eau et l'on chasse l'éther par distillation après avoir desséché à l'aide du sulfate de sodium anhydre. Par fractionnements répétés dans le vide du résidu, on arrive à isoler un composé, bouillant vers 80°-82° sous 8^{mm}, qui est constitué par de la chlorométhylcyclopentanone; les rendements sont voisins de 50 pour 100.

Cette cétone chlorée, qui est liquide, a pour densité, à 22°, 1,128 et pour indice de réfraction, à 22° et par rapport à la raie D, 1,4650, ce qui donne pour la réfraction moléculaire 32,45, alors que la réfraction moléculaire théorique est égale à 32,75. Nous montrerons un peu plus loin que sa formule de constitution est



β-méthyl-α-oxycyclopentanone $C^6H^{10}O^2$. — La chlorométhylcyclopentanone présente les mêmes propriétés que celles que nous avons indiquées pour la chlorocyclopentanone; c'est ainsi que l'eau, à 100°, l'hydrolyse en

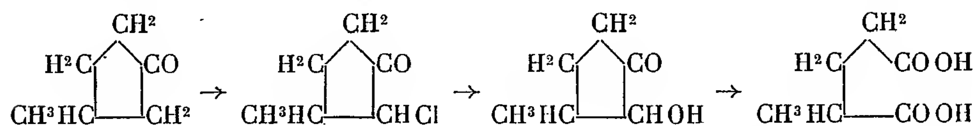
(¹) *Comptes rendus*, t. 156, p. 332.

(²) Cette cétone nous a été fournie gracieusement par les Farbenfabriken vorm. Friedr. Bayer et Cie. Préparée en partant de l'acide β-méthyladipique, obtenu lui-même par oxydation du paraméthylcyclohexanol, la β-méthylcyclopentanone bout à 142° et est inactive sur la lumière polarisée.

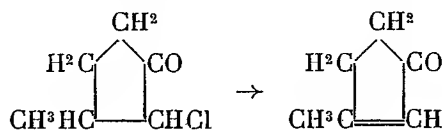
donnant la cétone-alcool correspondante; mais cette formation est toujours accompagnée d'une production importante de méthylcyclopenténone.

70g de cétone chlorée et 500g d'eau sont placés dans un ballon muni d'un réfrigérant ascendant et chauffé au bain-marie bouillant. Peu à peu, la méthylchlorocyclopentanone disparaît, tandis que la solution devient fortement acide en même temps qu'elle se colore; on neutralise par du carbonate de soude solide et l'on agite la liqueur neutre un grand nombre de fois à l'éther; la solution éthérée, desséchée sur du sulfate de sodium anhydre, abandonne par évaporation un résidu huileux qui, par distillations fractionnées dans le vide, sous 12mm, fournit deux composés : l'un, bouillant vers 50°, constitué par une méthylcyclopenténone, et l'autre, bouillant vers 83°-85°, qui n'est autre chose qu'une méthylcyclopentanolone.

Cette méthylcyclopentanolone constitue un liquide sirupeux, légèrement jaunâtre, très soluble dans les dissolvants usuels; elle donne, en solution, une coloration brun rougeâtre avec la potasse, et une coloration rouge violacé avec le perchlorure de fer. Elle possède une certaine acidité qui fait virer au rouge le lackmoïde. Avec l'acétate de phénylhydrazine, elle donne une phénylhydrazone, mais cette dernière s'altère très rapidement. Lorsqu'on soumet cette cétone-alcool à l'action oxydante du permanganate de potassium, on obtient un acide cristallisé, fusible à 77°-78°, identique à l'acide α-méthylglutarique. Ce résultat établit nettement la constitution de ce nouveau composé, qui est dès lors de la β-méthyl-α-oxycyclopentanone, et par suite celle de la méthylchlorocyclopentanone dont il dérive :



β-*méthylcyclopenténone* C^6H^8O. — Cette cétone prend naissance en même temps que la méthycyclopentanolone décrite plus haut; elle dérive de la méthylchlorocyclopentanone par perte d'une molécule d'acide chlorhydrique :



Cette constitution est du reste vérifiée par les résultats obtenus en oxydant cette cétone par le permanganate de potassium; on obtient en effet un mélange d'acide formique et d'acide succinique.

Cette β-méthylcyclopenténone constitue un liquide incolore, à odeur agréable, bouillant vers 157°-158° à la pression ordinaire. Sa densité à 26° est égale à 0,9712 et son indice de réfraction à la même température et par rapport à la raie D est égale à 1,4714, ce qui donne comme réfraction moléculaire 27,64, alors que la théorie exige 27,408. Elle est très soluble dans l'eau et les autres dissolvants usuels. Sa semicarbazone forme de belles feuilles incolores, fusibles vers 230°; son oxime est constituée par des tables, solubles dans l'eau et fusibles à 127°.

L'étude de ces corps nous a paru intéressante, car différents auteurs ont retiré des huiles de bois des produits très voisins de ceux que nous décrivons aujourd'hui. En particulier, Looft (¹) a isolé une α-méthylcyclopenténone, isomère, par conséquent, de celle que nous avons préparée synthétiquement; très récemment, Meyerfeld (²) a pu également extraire de ces huiles une méthylcyclopenténolone. Aussi poursuivons-nous ces recherches.

BOTANIQUE. — *Nouvelles observations sur le chondriome des Champignons.* Note de M. A. GUILLIERMOND, présentée par M. Gaston Bonnier.

A. Dans deux Notes antérieures (³) nous avons signalé l'existence d'un chondriome dans les asques de *Pustularia vesiculosa* et de plusieurs autres Ascomycètes. C'était la première fois qu'on constatait la présence de mitochondries dans les Champignons. Au contraire, dans les levures et dans les diverses moisissures, il ne nous avait pas été possible jusqu'ici de mettre en évidence un chondriome.

Les observations que nous avons poursuivies depuis nous ont permis de constater au contraire que la présence d'un chondriome paraît générale chez tous les Champignons.

B. Nous l'avons retrouvé dans les organes de fructification de plusieurs Autobasidiomycètes, dans les cellules pseudoparenchymateuses du chapeau, et surtout dans les basides qui montrent une grande abondance de chondriocontes dont quelques-uns forment des vésicules de sécrétion (*fig.* 1).

(¹) *Liebig's Annalen*, t. 275, p. 372.

(²) *Chemiker Zeitung*, n° 59, 1912.

(³) *Comptes rendus*, juillet 1911 et *Comptes rendus de la Société de Biologie*, mars 1913.

Enfin nous avons pu mettre en évidence un chondriome dans un certain nombre de Champignons filamenteux et de levures.

C'est dans le *Penicillium glaucum* que ce chondriome a été observé avec le plus de facilité. Dans les extrémités des filaments en voie de croissance, où les articles n'offrent généralement pas de vacuoles, le chondriome est constitué par de nombreux chondriocontes, très minces et très allongés, à formes sinueuses et le plus souvent disposés parallèlement les uns aux autres dans le sens de l'axe longitudinal du filament



Chondriome des Champignons (méthode de Regaud; grossissement = 1500).

(*fig.* 4). Dans les articles un peu plus âgés, le cytoplasme se creuse de nombreuses vacuoles et les chondriocontes se répartissent dans toute la trame cytoplasmique qui limite les vacuoles (*fig.* 5 à 7). Il n'est pas rare de rencontrer des accumulations de chondriocontes au voisinage des noyaux.

Le chondriome participe à la ramification et, lorsqu'un article produit une ébauche de rameau latéral, on voit une partie du chondriome s'introduire avec quelques-uns des noyaux dans le jeune rameau. Enfin, on retrouve un chondriome toujours très abondamment représenté dans toutes les cellules des conidiophores et dans les conidies (*fig.* 2 et 3).

Ce chondriome se différencie avec la plus grande netteté avec les méthodes de Regaud et de Benda et même avec celle de Altmann. Seulement sa différenciation est

très délicate et ne peut être bien effectuée que sur des coupes à la paraffine, difficiles à réaliser lorsqu'il s'agit d'un mycélium. C'est ce qui explique nos premiers insuccès.

Nous avons observé un chondriome analogue dans plusieurs Champignons filamenteux (*Endomyces Magnusii*, *Endomyces fibuliger*, *Botrytis cinerea*). Dans les oïdies de l'*End. Magnusii* et surtout dans celles qui sont en voie d'enkystement, il est fréquent de rencontrer des vésicules de sécrétion formées aux extrémités ou au milieu du trajet des chondriocontes (*fig.* 9 à 11). Enfin dans l'*Endomyces fibuliger*, une partie des chondriocontes forment sur leur trajet de petits renflements qui finissent par s'isoler en grains sphériques qui grossissent sensiblement et peuvent être identifiés aux grains basophiles dont nous parlerons plus loin à propos des levures (*fig.* 8).

Dans les Champignons où le mycélium est très réduit et où les formes levures dominent, de même que dans les véritables levures, le chondriome est beaucoup plus difficile à différencier parce qu'il est encore plus malaisé d'obtenir des coupes de ces Champignons. Cependant, il nous a été possible d'observer un chondriome dans l'*Endomyces albicans* et dans plusieurs levures.

Dans les formes mycéliennes de l'*End. albicans*, le chondriome se présente sous forme de chondriocontes allongés (*fig.* 12). Il est formé au contraire par de courts bâtonnets et surtout par des mitochondries granuleuses dans les formes levures du même Champignon (*fig.* 13). Le noyau est souvent entouré de nombreuses mitochondries qui gênent sa différenciation.

Les levures que nous avons examinées (*S. cerevisiæ*) (*fig.* 16 et 17) et *S. Ludwigii* (*fig.* 15) présentent aussi un chondriome où dominent les mitochondries granuleuses. En outre, on rencontre des grains sensiblement plus gros que les mitochondries qui présentent les mêmes caractères de coloration que ces dernières, mais plus résistants vis-à-vis des fixateurs ordinaires (*fig.* 17). Ces éléments, qui correspondent en partie aux *grains basophiles* signalés par Kohl, par nous et par Pénau, et dont la signification n'a pas été précisée, résultent de la transformation de mitochondries comme on peut facilement le constater dans l'*End. fibuliger*.

C. Ces résultats permettent d'expliquer beaucoup de détails de la structure des Champignons qui étaient restés jusqu'ici obscurs.

Tout d'abord, le chondriome que nous avons décrit dans les Champignons filamenteux rappelle beaucoup la *structure canaliculaire* observée il y a quelques années par Matruchot dans les Mortiérellées, à l'aide de colorations vitales.

En outre, les éléments du chondriome sont, comme on le sait, fortement altérés par les agents ordinaires de fixation qui renferment de l'alcool ou de l'acide acétique; néanmoins, ils persistent à l'état de débris et après coloration à l'hématoxiline ferrique donnent au cytoplasme une apparence confusément granuleuse.

Cet aspect granuleux et les grains basophiles qui résultent de la transformation d'une partie des mitochondries ont frappé tous les auteurs qui ont observé la cytologie des levures; c'est ainsi que Wager et Peniston ont été conduits à admettre l'existence dans le cytoplasme des levures de chromatine diffuse. De même, Pénau a décrit dans

l'*End. albicans*, où le chondriome est spécialement riche, un réticulum chromatique occupant tout le cytoplasme (formation basophile) et qu'il rapproche des formations chromidiales.

La présence de mitochondries dans les Champignons où jusqu'ici on n'avait pu les mettre en évidence apporte donc un appui de plus à la théorie qui considère le chondriome comme un élément constant et indispensable de la cellule, au même titre que le noyau.

Le chondriome des Champignons paraît jouer un rôle important dans les sécrétions, comme le témoignent la formation aux dépens de ses éléments des grains basophiles et la production fréquente de vésicules de sécrétion.

Peut-être ces vésicules, qui sont analogues à celles où se dépose l'amidon dans beaucoup de végétaux supérieurs, jouent-elles un rôle dans l'élaboration des corpuscules métachromatiques, du glycogène et des graisses, produits si abondants dans les Champignons.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur l'absorption de différentes formes d'azote par les plantes; influence du milieu.* Note de M. **D. Chouchak**, présentée par M. Schlœsing fils.

Dans une récente Communication [1], j'ai montré que les racines des végétaux ont la propriété d'adsorber les différentes formes d'azote; cette adsorption est en relation étroite avec la concentration de la solution.

J'ai cherché à me rendre compte de l'influence que peut exercer sur ce pouvoir adsorbant, et aussi sur l'absorption de l'azote par les plantes vivantes, les modifications du milieu extérieur.

Ces modifications étaient réalisées en ajoutant à ce milieu différents sels : SO^4Mg, SO^4Na^2, $CaCl^2$, $MgCl^2$, SO^4Ca, CO^3Na^2, NaCl.

Les expériences étaient conduites comme celles que j'ai indiquées dans la Note précédente, mais les racines mortes (de 75 plantes) étaient plongées dans une solution de NH^4Cl à 5^{mg} de N par litre, additionnées de $0^g,4$ de chaque sel par litre; aux plantes vivantes (145) on donnait une solution à $0^{mg},25$ de N et à 1^g de sel par litre. On a d'abord constaté qu'en présence de ces sels, pour les racines mortes, l'équilibre n'est atteint qu'après un temps variable avec la nature et la concentration du sel; afin d'avoir les résultats comparables, on a limité toujours la durée de contact à 10 minutes.

Pour les plantes vivantes on a constaté qu'après 10 ou 15 minutes (à la

(1) *Comptes rendus*, t. 156, p. 1696.

condition d'agiter régulièrement la solution) l'absorption devient proportionnelle au temps, la vitesse d'absorption ou de diffusion à travers les parois des racines est constante [1].

La durée des expériences avec les plantes vivantes était de 1 heure 10 minutes.

Dans le Tableau suivant sont rapportés les résultats des expériences avec les divers sels, en représentant par 100 les quantités de N absorbé par les racines dans les solutions de NH^4Cl pur; les mortes ont fixé $0^{mg},06$; les vivantes, $0^{mg},127$:

Sel ajouté à la solution de NH^4Cl	O	SO^4Mg	SO^4Na^2	$MgCl^2$	$CaCl^2$	SO^4Ca	CO^3Na^2	NaCl
N adsorbé par les racines mortes	100	0	7,5	23,2	31,5	37,0	42,0	82,0
N adsorbé par les plantes vivantes	100	8,2	28,0	32,0	48,0	55,0	»	64,5

On voit que le pouvoir adsorbant par les couches extérieures des racines mortes, la vitesse d'absorption ou de diffusion dans les plantes vivantes (pour la même concentration en N) sont fortement modifiés par la présence des sels. Ils n'agissent pas de la même façon, mais par leur action sur les racines mortes et les plantes vivantes ils se rangent dans le même ordre : les vitesses de diffusion sont, par conséquent, étroitement liées au phénomène d'adsorption.

On a obtenu des résultats analogues avec le $NaNO^3$, mais ici le SO^4Mg et NaCl augmentaient de 50 à 60 pour 100 la vitesse d'absorption, tandis que le CO^3Na^2 la diminuait.

D'autres expériences faites avec des solutions de deux ou de plusieurs sels ont montré qu'ils pouvaient avoir une action antagoniste.

Voici quelques résultats obtenus en ajoutant de petites quantités de NaCl, SO^4Ca, SO^4Mn à des solutions de 10^{mg} par litre de N, de NH^4Cl et des quantités relativement grandes de SO^4Na^2 :

$NH^4Cl + 300^{mg}$ p. l. de $SO^4Na^2 +$ NaCl mg p. l.	mg 0	mg 40	mg 80	mg 120
N adsorbé	100	104	123	111
$NH^4Cl + 200^{mg}$ p. l. de $SO^4Na^2 + SO^4Mn$ mg p. l.	0	40	80	»
N adsorbé	100	111	120	»
$NH^4Cl + 400^{mg}$ p. l. de $SO^4Na^2 + SO^4Ca$ mg p. l.	0	40	80	120
N adsorbé	100	127	115	110

(1) Il n'en serait certainement pas ainsi avec des concentrations plus grandes ou un nombre de plantes plus petit, ou encore si l'on prolongeait très longtemps l'expérience; les plantes finiraient par se saturer.

On voit que l'adsorption a été augmentée de 20-27 pour 100 et qu'il existe pour les différents sels des proportions qui donnent à l'adsorption une valeur maxima.

On a vu plus haut que le pouvoir adsorbant était intimement lié à la vitesse de diffusion ou d'absorption; celle-ci doit, elle aussi, dans des conditions analogues, être augmentée : en effet, on a constaté une augmentation de 50 pour 100 de cette vitesse par l'addition de NaCl à une solution de SO^4Na^2 et de NH^4Cl.

Ces faits permettent d'expliquer, *au moins partiellement*, les bons effets que produisent souvent sur la végétation l'addition de certains sels, le sel marin, le plâtre, le sulfate de manganèse.

On vient de voir qu'ils peuvent augmenter la vitesse de diffusion de N ammoniacal (et de nitrate par NaCl) et, par suite, assurer une meilleure alimentation en azote et un rendement plus grand de récolte.

En resumé, l'absorption de l'azote minéral ou organique par les jeunes plants de blé ne dépend pas immédiatement de la matière vivante; elle est déterminée par des substances qui sont contenues dans les racines et que l'eau bouillante n'enlève pas; toutes autres conditions égales, le pouvoir adsorbant, la vitesse de diffusion, sont proportionnels aux concentrations jusqu'à une certaine limite à partir de laquelle ils croissent moins vite qu'elle. Dans des solutions d'égale concentration, ce pouvoir adsorbant, cette vitesse de diffusion sont modifiés par le changement de la composition du milieu extérieur. Ce pouvoir et cette vitesse sont étroitement liés.

On peut s'en rendre compte par les considérations suivantes : dans deux milieux qui se touchent et qui ne se mélangent pas, une substance qui peut être dissoute par chacun d'eux se répartit avec des concentrations qui sont entre elles dans un certain rapport (coefficient de partage); d'autre part, dans chaque milieu, la vitesse de diffusion de cette substance (avec son coefficient de diffusion) est proportionnelle, selon la loi d'osmose, à la différence de ses concentrations dans les diverses couches du *même* milieu; la même loi s'applique aux solutions solides (Van 't Hoff).

Ici, on est en présence d'eau, de la racine et d'une substance azotée : celle-ci est dissoute dans l'eau, elle se répartit entre l'eau et la couche superficielle de la racine (peut-être l'épaisseur de quelques couches de molécules) avec les concentrations qui sont entre elles dans un certain rapport (coefficient de partage) très facilement modifié par les changements dans le milieu extérieur (par exemple addition des sels dans l'eau); ce coefficient peut être, selon les conditions du milieu, plus grand ou plus

petit que l'unité pour la même concentration de la substance azotée. Après l'établissement de cet équilibre la vitesse de diffusion dans la racine sera proportionnelle à la différence de la concentration dans cette couche superficielle et les couches plus profondes [1].

Ainsi, la vitesse de diffusion d'une substance nutritive dans la racine dépend de l'ensemble des actions physico-chimiques et chimiques qui déterminent le coefficient de partage de cette substance entre le milieu ambiant et la racine, ainsi que de sa concentration et des pressions osmotiques qui s'établissent dans les deux milieux.

Cela influe sur les quantités totales des matières nutritives absorbées et, par conséquent, sur toute la vie de la plante.

PHYSIOLOGIE. — *Sur une région endocardique directement excitable.* Note de M. **R. Argaud**, transmise par M. Bouchard.

Le corps d'un supplicié de 20 ans, transporté à la Faculté de Médecine d'Alger immédiatement après l'exécution, nous a permis de faire toute une série de constatations sur les contractions posthumes du cœur humain.

Nous nous étions demandé, *a priori*, si la dissociation agonique auriculo-ventriculaire, remarquablement bien indiquée chez certains animaux, était décelable chez l'homme, et quelle était la durée de la survie du cœur exsangue.

Tel était le but de nos recherches.

Dès que le corps est sur la table de dissection, nous enlevons un volet sterno-costal, fendons le péricarde, et le cœur est ainsi mis directement à nu.

Immédiatement après, c'est-à-dire 45 minutes après la décollation, nous observons une contraction cardiaque spontanée.

A partir de ce moment, le cœur ne se contracte plus que sollicité par un choc, surtout si ce dernier est porté sur l'oreillette droite. Ces contractions se produisent toutes les 10 secondes environ (période réfractaire) jusqu'à la 52e minute.

Elles vont ensuite en s'amoindrissant, deviennent de plus en plus capricieuses, tantôt auriculaires, tantôt ventriculaires, souvent même c'est une légère fibrillation incoordonnée (délire du cœur).

A la 62e minute, le cœur ne répond plus au choc mécanique.

Nous employons alors, comme excitant, le courant induit d'un chariot de du Bois-

(1) La concentration dans les couches extérieures correspond à la quantité de N adsorbé dans les expériences décrites plus haut; on trouve des exemples de coefficients de partage dans le Tableau de la Note précédente.

Reymond alimenté par une pile au bichromate. L'excitateur promené à la surface du cœur n'amène ni contraction ni fibrillation. Le cœur paraît inexcitable. Nous songeons alors à explorer la surface interne du cœur. Dès que l'artère pulmonaire est ouverte, les parois du ventricule droit s'affaissent brusquement.

L'excitation de l'endocarde ventriculaire droit par le courant induit ne détermine aucune contraction; il en est de même pour l'endocarde du cœur gauche. Par contre, les électrodes placés à la surface de l'endocarde de l'oreillette droite déterminent des contractions du cœur tout entier. De la 72ᵉ à la 75ᵉ minute, trois chocs d'induction sont nécessaires pour provoquer une contraction. Enfin, à la 83ᵉ minute après l'exécution, le cœur ne réagit plus.

Considérations générales. — Dans les conditions de nos expériences, l'endocarde de l'oreillette droite est donc la seule partie du cœur dont l'excitation par les courants induits détermine la contraction de l'organe. Il est intéressant d'ajouter ici que la zone qui nous paraît de beaucoup la plus excitable répond au tænia de His, au nœud de Keith et Flack et à la valvule de Thébésius, c'est-à-dire précisément aux territoires les plus riches en ganglions nerveux. Nous avons récemment signalé, dans l'épaisseur de la valvule de Thébésius chez l'homme et quelques mammifères, l'existence fréquente de ganglions nerveux.

Nos observations peuvent en outre nous offrir un enseignement pratique. Au cours du massage du cœur, les ventricules sont habituellement saisis d'une façon plus ou moins médiate par la main du chirurgien qui ne tient guère compte du phénomène de l'inexcitabilité périodique ou tout au moins des modifications survenues dans sa durée.

Nous proposerions, au lieu du massage continu des ventricules, d'aller à la rencontre de l'oreille droite, et de l'exciter par de petits chocs, avec le bout des doigts, en espaçant ces excitations et en attendant, autant que possible, la réponse myocardique.

HISTO-PHYSIOLOGIE. — *Action de la traction de la zonule sur la configuration générale du cristallin humain. De la possibilité de l'aplatissement de la périphérie du cristallin pendant l'accommodation.* Note de M. **Jacques Mawas**, présentée par M. Henneguy.

L'étude anatomique du muscle ciliaire de l'Homme et des Mammifères nous a permis de conclure que, étant donnée la direction de la majorité des fibres musculaires, il se produisait, au moment de la contraction du muscle, un raccourcissement de toute la région ciliaire. Ce raccourcissement,

comme nous l'avons montré, a comme conséquence fatale, et en ce qui concerne spécialement la zonule, le relâchement de ses fibres les plus postérieures et la traction, en arrière et en dehors, des fibres antérieures. Celles-ci, comme on le sait, sont les plus puissantes et les plus nombreuses.

Quel est l'effet de cette traction sur le cristallin? Tout le monde admet aujourd'hui que, pendant l'accommodation, le cristallin change de forme. Ce changement porte surtout sur la courbure de sa face antérieure, qui augmente sensiblement. Cet accord cesse d'exister lorsqu'on envisage séparément les modifications de forme que présentent, pendant le même temps, le centre du cristallin et sa périphérie. Dans l'hypothèse classique de Helmholtz, l'accommodation se produit par le relâchement de la zonule, d'où l'augmentation d'épaisseur du cristallin, et sa forme généralement arrondie. Les travaux de M. Tscherning et de ses collaborateurs ont montré que, pendant l'accommodation, il y a aplatissement de la périphérie du cristallin en même temps qu'augmentation de courbure du centre. Cet aplatissement serait dû à une traction de la zonule, comme cela se passe lorsqu'on produit artificiellement cette traction sur un cristallin isolé avec son ligament suspenseur. Mais l'interprétation anatomique proposée par M. Tscherning pour expliquer le phénomène de l'accommodation ne nous semble pas exacte, car l'auteur y fait intervenir des dispositions structurales manifestement erronées. Si le fait observé est réel, il est facile de le constater sur des coupes histologiques, où la zonule se trouverait naturellement ou artificiellement tendue. C'est précisément l'objet de cette Note que de faire cette démonstration.

Certaines affections de l'œil produisent plus ou moins lentement, mais sûrement, une distension parfois considérable du globe oculaire. Celui-ci s'agrandit et s'élargit de telle façon qu'il modifie considérablement le cercle ciliaire qui tend à s'éloigner du cristallin. Ce mouvement a pour conséquence la distension des fibres zonulaires, qui modifient alors la forme du cristallin.

Ces modifications de forme du cristallin se produisent dans les glaucomes chroniques, l'hydrophtalmie, les tumeurs intra-oculaires, certaines formes d'iridocyclites, etc.

L'étude d'un grand nombre de ces cas nous permet de tirer les conclusions suivantes :

1° Lorsqu'il existe une traction généralisée de la zonule, la péripherie du cristallin s'aplatit, son centre bombe.

2° Il semble exister un rapport direct entre l'aplatissement des bords du cristallin et la traction des fibres zonulaires.

3° Il ne semble pas exister une corrélation étroite entre l'aplatissement des bords et l'augmentation de courbure du centre du cristallin.

Cependant, dans certains cas, et ceci est exceptionnel, la traction zonulaire est telle, que le cristallin tout entier s'aplatit et s'étire en ruban.

4° Le centre anatomique du cristallin (le noyau lenticulaire) résiste parfaitement bien à la déformation zonulaire, mais dans une certaine mesure seulement.

La région nucléaire du cristallin est donc susceptible de se modifier pendant l'accommodation.

5° La face postérieure du cristallin varie parallèlement à la face antérieure. Son augmentation de courbure est, dans certains cas, aussi grande que celle de la face antérieure.

Nous tenons à faire remarquer que nous n'avons pas eu la prétention dans cette Note, comme d'ailleurs dans les précédentes, de résoudre le problème de l'accommodation. Nous connaissons trop combien ce problème est compliqué pour songer à l'étudier ici, même d'une façon incomplète. En tout cas nous ne croyons pas que l'étude anatomique seule puisse prétendre à le résoudre; si les recherches histologiques sont indispensables, elles ne doivent servir qu'à préparer le terrain à l'expérimentation physiologique, et aux recherches plus précises d'ophtalmométrie, voilà l'ordre à suivre. C'est pour avoir fait précisément le contraire que les auteurs n'arrivent pas à s'entendre sur la façon dont le corps ciliaire agit sur le cristallin.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Synthèse biochimique, à l'aide de l'émulsine, d'un glucoside isomère de la salicine, le salicylglucoside* β. Note de MM. **Em. Bourquelot** et **H. Hérissey**, présentée par M. Jungfleisch.

Le fait que l'émulsine en poudre peut agir hydrolytiquement [1] ou synthétiquement [2] dans de l'acétone plus ou moins hydraté, a fait entre-

[1] Em. Bourquelot et M. Bridel, *Action de l'émulsine sur la gentiopicrine en solution dans divers liquides organiques neutres* (*Comptes rendus*, t. 154, 6 mai 1912, p. 1259).

[2] Em. Bourquelot et Em. Verdon, *Recherches sur la synthèse biochimique du méthylglucoside* β *dans un liquide neutre, étranger à la réaction* (*Comptes rendus*, t. 156, 21 avril 1913, p. 1264).

voir la possibilité de l'application pratique du procédé biochimique de synthèse des glucosides à des alcools solides ou peu solubles dans l'eau, mais solubles dans l'acétone.

Nous avons obtenu ainsi, à partir de la saligénine (alcool salicylique ou orthoxybenzylique) et du glucose *d*, un glucoside cristallisé, différent de la salicine, glucoside naturel dérivé également de la saligénine et du glucose *d*. Les propriétés de ce nouveau glucoside tendent à le faire considérer comme le salicylglucoside β, la saligénine ayant réagi synthétiquement avec le glucose par sa fonction alcoolique.

Des essais préliminaires nous ont montré que si, dans l'acétone additionnée d'eau, en quantité variable d'ailleurs, et tenant en dissolution de la saligénine et du glucose, on introduit de l'émulsine, il se produit une réaction synthétisante facile à constater par l'abaissement graduel de la rotation droite de la solution; la limite atteinte diffère suivant la dilution de l'acétone et les quantités de saligénine et de glucose respectivement dissoutes, la réaction étant, comme on devait s'y attendre, favorisée par la présence d'un grand excès de saligénine.

Nous nous contenterons ici d'exposer brièvement le procédé qui nous a permis d'isoler le glucoside formé.

300$^{cm^3}$ d'une solution contenant, pour 100$^{cm^3}$, 2^g de glucose, 25^g de saligénine, 20^{cm} d'eau distillée et quantité suffisante d'acétone du bisulfite, ont été additionnés de 3^g d'émulsine et conservés à 15°-20°, en agitant deux ou trois fois par jour. Après 19 jours, la rotation, qui était à l'origine un peu supérieure à $+2°$ ($l=2$), était devenue $+46'$, bien qu'il ne se fût produit dans la liqueur aucune cristallisation de glucose. On a filtré alors le liquide, on l'a distillé, et le résidu, additionné d'un peu d'eau, a été traité à maintes reprises par l'éther, de façon à enlever entièrement la saligénine qui n'avait pas réagi. Le liquide résiduel, renfermant le glucose en excès et le glucoside éventuellement formé, a été étendu d'eau, puis la solution, qui était dextrogyre, a été additionnée de levure haute qui a détruit le glucose par fermentation. La liqueur, devenue alors lévogyre, a été filtrée, portée à l'ébullition en présence de carbonate de calcium et finalement évaporée à sec.

On a repris l'extrait à reflux par 40$^{cm^3}$ d'alcool à 95^c. Comme la solution alcoolique ne fournissait pas de cristaux, même après addition de 10$^{cm^3}$ d'éther, on l'a laissée s'évaporer spontanément à l'air. Bientôt quelques cristaux se sont déposés sur les parois du vase. On a décanté et ajouté au liquide de 10 à 15 gouttes d'eau; la cristallisation s'est rapidement effectuée dès que le liquide eut été réduit à quelques centimètres cubes. Le produit a été essoré et séché à l'air jusqu'à poids constant ($p = 0^g,86$). C'est à ce dernier produit que se rapportent toutes les propriétés ci-dessous :

Le glucoside ainsi obtenu se présente au microscope sous forme de

longues aiguilles, fines, incolores; en cristallisation tranquille, ces aiguilles peuvent atteindre une longueur de 1^{cm}. Il est inodore et possède une saveur amère. Il n'est pas hygroscopique. Il est assez soluble dans l'eau.

Son point de fusion est très variable suivant la rapidité de la chauffe, ce qui s'explique très bien par les observations suivantes : chauffé graduellement à l'étuve, il commence à se ramollir et à s'agglomérer vers 50°-60°, puis fond en une masse vitreuse, visqueuse, qui diminue peu à peu de poids. Même après quelques heures de séjour à 120°, le produit recristallise par addition de quelques gouttes d'eau.

$0^{g},3287$ du corps cristallisé, séché à l'air, ont perdu $0^{g},0619$, soit 18,83 pour 100 (théorie pour $C^{13}H^{18}O^{7}+4H^{2}O$: 20,11).

Il semble donc que le corps cristallise avec 4^{mol} d'eau.

Le pouvoir rotatoire du corps séché à l'air (à $4H^{2}O$) pour une concentration de $1^{g},60$ pour 100^{cm^3} est : $\alpha_{D} = -37°,5$ [$p = 0^{g},4000$; $v = 25^{cm^3}$; $l = 2$; $\alpha = -1°12'$].

Ce glucoside réduit la liqueur cupro-potassique; son pouvoir réducteur est sensiblement égal au tiers de celui du glucose.

Soigneusement débarrassé de toute trace de saligénine, il donne en solution aqueuse, avec le perchlorure de fer, une belle coloration violet mauve peu intense; cette coloration ne disparaît pas par agitation avec l'éther. Ces propriétés indiquent que la fonction phénolique de la saligénine est restée libre.

En solution aqueuse, le glucoside est rapidement dédoublé par l'émulsine. La solution renfermant $1^{g},60$ de produit hydraté pour 100^{cm^3}, dont la rotation était de $-1°12'$, contenait, après hydrolyse, $0^{g},8038$ de glucose (calculé pour $C^{13}H^{18}O^{7}+4H^{2}O$: $0^{g},804$) et accusait une rotation de $+50$ à $+52'$ (théorie : $+50',4$). On a isolé des produits de la réaction de la saligénine à l'état cristallisé.

Nous avons donc obtenu, au moyen de l'émulsine, un glucoside de la saligénine et du glucose *d*. Les propriétés décrites montrent que ce glucoside, différent de la salicine, est le salicylglucoside β.

Ces recherches permettent, en outre, de penser qu'on pourra préparer, par voie biochimique, d'autres glucosides isomères (métaoxybenzylglucoside β, paraoxybenzylglucoside β) et analogues.

GÉOLOGIE. — *Signification des galets de minerais, inclus dans les minerais de fer hettangiens de Bourgogne*. Note de M. L. Cayeux, présentée par M. Ch. Barrois.

La Société Schneider et Cie exploite depuis longtemps en Bourgogne, aux environs de Nolay, des minerais hettangiens, appartenant à l'assise à *Sch. angulata*. A Change, où se trouve la seule partie du gîte qui ne soit pas encore épuisée, le minerai est une très belle roche oolithique, de cohérence assez faible pour se réduire en poussière après quelques mois d'exposition aux intempéries.

Au microscope, on constate immédiatement que les corps ferrugineux, rapportés aux oolithes, appartiennent en réalité à deux catégories d'éléments. Les uns sont à proprement parler des oolithes, pourvues ou non d'inclusions organiques reconnaissables, formées d'une enveloppe corticale en totalité ferrugineuse et d'un noyau calcaréo-ferrugineux ou exclusivement hématisé. Les autres, beaucoup moins répandus que les premiers, sont des restes organiques, le plus souvent des articles d'Encrines usés et arrondis par les flots, et, pour cette raison, non séparables des oolithes à l'œil nu. Ces matériaux, auxquels s'ajoutent quelques débris d'Oursins et de rares Foraminifères, sont plongés dans un ciment où la calcite et l'hématite s'associent en toutes proportions.

Loin d'être homogène dans toute son épaisseur, le minerai renferme notamment des nodules et de véritables galets. Ceux-ci, d'un diamètre qui n'excède pas 12^{cm} à 15^{cm}, à ma connaissance, sont criblés de perforations de Mollusques lithophages sur toute la surface. A ce dernier caractère on reconnaît que les galets ont été perforés dans une eau très agitée, condition qui exclut toute idée de perforation sur place, en raison des caractères du minerai enveloppant. Il importe de noter à ce sujet que les galets se rencontrent isolément, et non par groupes comme les pierres transportées par les courants, les vagues et les marées, en sorte que leur existence dans le minerai ne saurait être invoquée comme une preuve de grande agitation des eaux.

Examinés à la loupe, ces galets accusent une structure oolithique plus ou moins apparente. Au microscope, on y retrouve d'ailleurs tous les éléments du minerai, avec cette différence qu'ils sont clairsemés, très inégalement répartis et, en général, à des états de minéralisation moins avancée. Plutôt rares en moyenne, les vraies oolithes ne se différencient en rien de celles du minerai. Par contre, les débris organisés, comme les articles d'Encrines, les vestiges de Mollusques, sont restés essentiellement calcaires pour la plupart; il en est même dans lesquels on chercherait vainement la plus petite trace d'hématite. Il existe à cet égard de grandes différences suivant les points considérés : telle plage est restée calcaire à côté de telle autre montrant le ciment et

les organismes plus ou moins chargés de fer oxydé. Lors même que la minéralisation est maxima, il est rare qu'elle atteigne le degré que nous pouvons considérer comme normal dans le minerai.

La présence de ces galets, non moins que la différence de minéralisation qui les distingue du minerai, nous paraissent d'une importance capitale, au point de vue de la genèse des minerais de fer sédimentaires. Trois faits sont hors de discussion, en ce qui concerne le gîte considéré :

1. Tandis que le minerai continuait à s'accumuler dans la région de Nolay, le bord du bassin se relevait quelque part, et le dépôt en voie de formation était immédiatement remanié et partiellement réintroduit dans le bassin, à l'état de galets déjà perforés.

2. Lorsqu'il a été remanié, le minerai avait déjà acquis, sinon tous ses caractères physiques actuels, tout au moins ses propriétés essentielles, et en particulier sa cohérence. En cela, il rappelle le charbon des bassins de Commentry, Blanzy, etc., qui, transformé en galets dans des conditions analogues, réalise d'emblée sa dureté et son volume définitifs.

3. La minéralisation des organismes, et probablement celle des oolithes, est antérieure à l'arrivée des galets dans le milieu où s'accumulaient les éléments du minerai qui les englobe. Si l'on suppose en effet qu'elle s'est faite *in situ*, il devient impossible d'expliquer pourquoi elle est toujours moindre dans les galets que dans le minerai. Autrement dit, il en est des galets de minerai comme des galets de houille : le stade d'évolution auquel ils sont arrivés, au moment de leur remaniement, est définitif, même s'ils sont transportés dans un milieu où un dépôt de même nature en voie de formation doit atteindre une phase de minéralisation beaucoup plus avancée.

De plus en plus la question de l'origine des minerais de fer sédimentaires revêt une extrême complication, et cependant elle est loin d'être posée dans toute son ampleur. La connaissance des nombreux faits qu'il me reste à exposer est nécessaire pour en juger.

GÉOLOGIE. — *Sur la bordure méridionale de la Meseta Ibérique.* Note de M. **Jean Groth**, présentée par M. H. Douvillé.

La grande pénéplaine de la Sierra Morena constitue la région méridionale de la Meseta Ibérique. Cette région de plis hercyniens est limitée au

Sud par la vallée du Guadalquivir, dépression importante où affleurent les terrains tertiaires horizontaux qui la séparent des chaînes subbétiques. Cette bordure sensiblement rectiligne sur une grande longueur, l'abaissement assez rapide des reliefs de la Meseta, avaient frappé Macpherson qui en avait conclu à l'existence, dans toute la longueur de la vallée, d'un accident important : la faille du Guadalquivir admise depuis par Suess.

Cependant l'aspect topographique des environs de Cordoue avait inspiré à mon maître M. E. Haug des doutes sur l'existence de cet accident. C'est sur son conseil que j'ai étudié la bordure sud de la Sierra Morena, dans la région d'Adamuz, à environ 28^{km} nord-est de Cordoue. L'anticlinal du Retamalejo-Calvario de Villafranca sépare le synclinal carbonifère de Belmez-Adamuz de celui de Villafranca de Cordoba, situé à quelques kilomètres au Sud-Ouest. Ces plis hercyniens ont une direction NW-SE du Zujar au Guadalquivir avec cependant une inflexion vers l'ESE, de Villaharta à Adamuz. Les synclinaux carbonifères formés de roches tendres dessinent des vallées où apparaissent en relief les masses compactes des calcaires à *Productus*. Au contraire, les quartzites de l'anticlinal du Retamalejo, mieux respectés par l'érosion, forment une crête qui dans les Umbrias domine de 400^{m} la vallée synclinale.

Le calvaire de Villafranca se trouve sur l'axe de l'anticlinal, à 2^{km} nord du Guadalquivir. De ce point on voit la crête de l'anticlinal, qui atteignait 640^{m} aux Puntales, descendre à 400^{m} au Madroñal, s'abaisser lentement jusqu'au calvaire de Villafranca (300^{m}) et se prolonger même au sud du Guadalquivir où les quartzites verticaux de l'Alcurrucen (200^{m}) forment à peine un léger relief dans la grande plaine tertiaire. Au SW, vers Alcolea, les crêtes qui marquent la limite du bassin de Villafranca descendent aussi lentement vers la vallée et au Nord-Est, dans la direction de Montoro, on voit le léger relief de l'Atalayuela passer sur la rive gauche du Guadalquivir où rien dans la topographie ne le distingue des collines tertiaires.

Des conglomérats à galets de quartzite, des grès ferrugineux, des sables et grès tertiaires horizontaux envahissent le synclinal carbonifère où ils recouvrent les terrains anciens jusqu'à Adamuz et même au delà. Les anticlinaux, au contraire, ne disparaissent définitivement sous le Tertiaire que sur la rive gauche du Guadalquivir. C'est ainsi que le rio, pénétrant dans le bassin houiller à quelques kilomètres en aval de Montoro, coule d'abord dans une gorge de quartzites paléozoïques verticales recouvertes en discordance angulaire par des conglomérats horizontaux attribués au Trias. Puis, dans le prolongement de l'axe du synclinal, sa berge peu encaissée est

taillée entièrement dans les poudingues récents. C'est seulement en aval, dans la traversée de l'anticlinal, que le Guadalquivir coupe de nouveau les quartzites primaires à hauteur du calvaire de Villafranca.

Au nord de Cordoue, les reliefs de la Meseta s'abaissent assez rapidement vers la plaine. Mais bien au sud du changement de pente, à 1500^{m} au nord de la ville, on trouve encore les terrains primaires recouverts par du Tertiaire horizontal. D'après M. Louis Gentil, des observations analogues peuvent être faites plus à l'Ouest dans la région de Séville. On voit de ce côté les rides anciennes de la Meseta s'enfoncer avec abaissement d'axe sous les dépôts néogènes de la vallée du Guadalquivir. Le bassin houiller de Villanueva del Rio, situé à 30^{km} au nord-est de Séville, est particulièrement instructif à cet égard. On y peut voir, d'après les sondages effectués pour des recherches de houille, les plis hercyniens s'enfoncer sous le Miocène et le Pliocène transgressifs. Pour M. Gentil il ne peut être question de ce côté de la prétendue faille du Guadalquivir mettant en contact les dépôts néogènes avec le bord méridional de la Meseta et il y a manifestement ennoyage des plis carbonifères sous les dépôts du détroit Nord-Bétique. D'ailleurs ce savant voit, dans cette région de l'ancien détroit andalou, des faits analogues à ceux qu'il a observés au voisinage du détroit Sud-Rifain où très vraisemblablement les plis du Moyen-Atlas et du massif des Beni-Snassen s'ennoient sous les dépôts miocènes de l'ancienne communication entre la Méditerranée et l'océan Atlantique par Taza et Fez.

Les coupes données autrefois par Pellico et Macpherson, les contours de la Carte géologique au $\frac{1}{400\,000}$ semblent indiquer que les choses se passent d'une façon analogue sur la bordure de la Meseta, d'Andujar à Séville.

En résumé, comme l'avait pressenti M. É. Haug, l'abaissement lent des reliefs, la transgression tertiaire dans les synclinaux anciens montrent bien que les plis hercyniens, au lieu d'être coupés brusquement par une grande faille, s'ennoient lentement sous la vallée du Guadalquivir dans la région d'Adamuz et à Villanueva del Rio, probablement aussi dans toute la province de Séville. Dans cette région la faille du Guadalquivir, si elle existe, ne pourrait passer que sous la grande plaine tertiaire où rien ne permet d'en soupçonner la présence. Il semble plus probable que la Meseta Ibérique se termine au Sud par un ennoyage accompagné peut-être de fractures secondaires.

PRÉHISTOIRE. — *Découverte d'une grotte préhistorique d'âge aurignacien à Brancion (Saône-et-Loire).* Note [1] de MM. **Lucien Mayet** et **Joseph Mazenot**, présentée par M. H. Douvillé.

Au mois de mars de cette année, l'un de nous avait la curiosité de creuser un peu le sol d'une excavation peu profonde et très surbaissée s'ouvrant à mi-côte de la pente nord d'un étroit vallon situé au bas du village de Brancion (commune de Martailly-lès-Brancion) et connue des bergers de la région sous le nom de *Four-de-la-Baume*. Ce nom répondait bien à l'aspect de la grotte avant son déblaiement. Elle s'ouvrait au-dessus d'un petit plateau rocheux, sorte de terrasse large de 7^m environ et de longueur égale, par un étroit orifice donnant accès à une petite salle profonde de 8^m, large irrégulièrement de 2^m à 4^m et haute, suivant les endroits, de 1^m à 2^m.

Cette cavité, creusée dans le calcaire jurassique de la région, ne paraissait pas, au premier abord, très intéressante. Cependant, dès les premiers coups de pioche, des documents archéologiques dignes d'attention furent amenés au jour et, avec le précieux concours de MM. Martin et Ray, conservateurs du musée de Tournus, une fouille méthodique fut entreprise.

L'abaissement progressif du sol au fur et à mesure du déblaiement de la grotte fit découvrir au fond de celle-ci un couloir étroit, sinueux, à déclivité très prononcée, actuellement vide sur une longueur de 25^m, jusqu'en un point où le rapprochement de ses parois le rend à peu près infranchissable.

Le *Four-de-la-Baume* présentait trois niveaux archéologiques différents et une faune assez homogène du Quaternaire moyen.

1° A la surface du sol et à quelques centimètres au-dessous furent recueillis des tessons de poterie vernissée, de poterie noire assez fine et très cuite, une pièce de monnaie du moyen âge, etc. Ce niveau récent n'offre aucun intérêt.

2° A $0^m,80$ environ de profondeur, existait un niveau probablement néolithique représenté par des tessons assez nombreux de poterie grossière; par un crâne humain bien conservé, par quelques débris squelettiques (mendibule de vieillard, débris d'os longs, vertèbres, omoplate...) se rapportant à au moins trois individus; par des ossements de blaireaux venus probablement creuser leur terrier dans la masse de limon argileux qui avait recouvert la sépulture néolithique. Il convient de remarquer l'extrême ressemblance du crâne brachycéphale du Four-de-la-Baume avec le crâne de La Truchère.

3° Au-dessous du niveau néolithique et à une profondeur plus ou moins grande selon la pente du sol de la grotte, fut abordé le niveau paléolithique, disséminé sans

[1] Présentée dans la séance du 2 juin 1913.

aucune stratification dans le limon qui la remplissait. Ce remaniement naturel des foyers primitifs tient à ce que les eaux coulant sur la pente du vallon venaient s'engouffrer dans la grotte et entraînaient au fond de celle-ci, puis dans le couloir lui faisant suite, terre, débris de cuisine, ossements, silex, os travaillés, etc.

La faune comprend : *Rhinoceros tichorhinus*, *Elephas primigenius*, *Equus caballus fossilis*, *Cervidés* de diverse taille, *Cervus tarandus*, *Bos primigenius*, *Hyæna spelæa*, *Ursus spelæus*, *Meles taxus*, *Canis lupus*, *Canis vulpes*, etc.

Le Cheval est ici de beaucoup le plus abondant et il n'a pas été recueilli moins de 300 molaires de cet animal; le Renne n'est, au contraire, représenté que par quelques rares débris. L'ancienneté de cette faune n'est pas douteuse : c'est la faune à Cheval prédominant précédant la faune du Renne.

L'industrie humaine est pauvrement représentée. Les silex rappellent, pour quelques-uns, les formes du Moustérien supérieur, mais le plus grand nombre présentent une technique plus évoluée et sont à rapprocher des pièces trouvées dans le niveau aurignacien de Solutré.

Une rondelle crânienne humaine percée d'un trou de suspension, quelques fragments d'os polis et percés pour servir de pendeloques, un fragment d'os poli et décoré de coches régulièrement et symétriquement disposées; un certain nombre d'os utilisés sans avoir été travaillés avec l'habileté que dénotent les pièces solutréennes, s'ajoutent aux documents lithiques et à la faune pour dater comme aurignacien le *Four-de-la-Baume*.

L'ancienneté relative de ce gisement n'est pas faite pour surprendre si l'on veut bien remarquer que la moyenne vallée de la Saône fut habitée à l'époque moustérienne par des hommes ayant donné à la technique de la taille moustérienne du silex un haut degré de perfection (gisement de la *Terrasse de Villefranche*), et qu'à ces hommes ont succédé les peuplades qui ont laissé comme preuve de leur existence les importants gisements de Germolles (30^{km} au nord de Brancion) et de Solutré inférieur (30^{km} au sud de Brancion).

La grotte du Four-de-la-Baume vient s'ajouter aux rares documents aurignaciens déjà connus dans le département de Saône-et-Loire, et c'est pourquoi il nous a semblé utile d'attirer l'attention sur ce gisement récemment découvert.

A 4 heures et quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 4 heures trois quarts.

Ph. v. T.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 16 JUIN 1913.

PRÉSIDENCE DE M. F. GUYON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Lippmann**, délégué par l'Académie pour la représenter à la cérémonie commémorative de *P. Prévost*, rend compte de sa mission en ces termes :

Le 5 juin dernier a eu lieu, à Genève, une cérémonie commémorative en l'honneur de Pierre Prévost. Un buste en bronze de l'éminent physicien a été inauguré dans l'Aula de l'Université, en présence d'un public nombreux, des autorités de Genève et de délégués des principales Sociétés savantes d'Europe.

Pierre Prévost a été « Associé non résident » de notre Académie des Sciences morales et politiques, et plus tard Correspondant de l'Académie des Sciences. Son nom demeure dans les sciences attaché, comme on le sait, à la théorie de l'équilibre mobile des températures. Par cette théorie, Prévost n'expliquait pas seulement nombre de faits qui embarrassaient les chercheurs de son temps; il donnait, en outre, les premiers exemples d'un mode de raisonnement plus d'une fois appliqué dans la suite : d'une théorie purement statistique. On considère chaque élément d'un système comme indépendant de tous les autres : il donne et reçoit, et l'on écrit pour l'équilibre que la recette est égale à la dépense : c'est ainsi que l'on analyse aujourd'hui nombre de phénomènes en Physico-Chimie.

Le nom de Pierre Prévost restera donc au premier rang dans cette pléiade de savants à laquelle Genève a donné naissance.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Sur une transformation du mouvement d'un système holonome conservatif donné dans le mouvement d'un autre système donné de même liberté.* Note de MM. **P. Appell** et **H. Vergne.**

Étant donné un système d'équations *canoniques*

$$\frac{dx_i}{dt} = \frac{\partial F}{\partial y_i}, \qquad \frac{dy_i}{dt} = -\frac{\partial F}{\partial x_i} \qquad (i = 1, 2, \ldots, n), \tag{1}$$

où $F(x_1, x_2, \ldots, x_n; y_1, y_2, \ldots, y_n)$ est une fonction donnée ne dépendant pas de t, on peut toujours définir des changements de variables qui transforment ce système en un autre système canonique

$$\frac{d\xi_i}{dt} = \frac{\partial \Phi}{\partial \eta_i}, \qquad \frac{d\eta_i}{dt} = -\frac{\partial \Phi}{\partial \xi_i} \qquad (i = 1, 2, \ldots, n), \tag{2}$$

où $\Phi(\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_n; \eta_1, \eta_2, \ldots, \eta_n)$ est également une fonction donnée ne dépendant pas de t.

Il suffit, pour le montrer, d'employer pour chacun des deux systèmes (1) et (2) le changement de variables indiqué par H. Poincaré (*Méthodes nouvelles de la Mécanique céleste*, t. III, p. 7) et employé par M. H. Vergne (*Annales de l'École Normale*, 1910), pour ramener les équations du système à la forme

$$\frac{d\beta_1}{dt} = 1, \qquad \frac{d\beta_2}{dt} = 0, \qquad \ldots, \qquad \frac{d\beta_n}{dt} = 0,$$
$$\frac{d\alpha_1}{dt} = 0, \qquad \frac{d\alpha_2}{dt} = 0, \qquad \ldots, \qquad \frac{d\alpha_n}{dt} = 0.$$

En égalant les β_i, α_i exprimés en fonction des x_i, y_i à ces mêmes quantités exprimées en fonction des ξ_i, η_i, on obtient une transformation répondant à la question.

On peut aussi, mais sous certaines restrictions, réaliser directement la transformation du système (1) dans le système (2), au moyen d'une intégrale particulière quelconque $V(x_1, x_2, \ldots, x_n; \xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_n)$ de l'équation aux dérivées partielles

$$F\left(x_1, x_2, \ldots, x_n; \frac{\partial V}{\partial x_1}, \frac{\partial V}{\partial x_2}, \ldots, \frac{\partial V}{\partial x_n}\right) = \Phi\left(\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_n; -\frac{\partial V}{\partial \xi_1}, -\frac{\partial V}{\partial \xi_2}, \ldots, -\frac{\partial V}{\partial \xi_n}\right),$$

les formules du changement de variables étant alors

$$y_i = \frac{\partial V}{\partial x_i}, \qquad \eta_i = -\frac{\partial V}{\partial \xi_i} \qquad (i = 1, 2, \ldots, n).$$

M. Vergne développera cette théorie d'une façon plus détaillée et donnera quelques exemples dans un article qui paraîtra prochainement dans un autre Recueil.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Les cétimines*. Note de MM. Charles Moureu et Georges Mignonac.

I. — *a*. Le terme *imine*, suivant les auteurs, a été employé pour désigner plusieurs sortes bien distinctes de composés, qui ont pour caractère commun de posséder dans leur molécule le résidu bivalent = NH :

1° Les corps dérivant des aldéhydes ou des cétones par substitution, à l'oxygène fonctionnel, du résidu = NH ;

2° Les amines secondaires R — NH — R', plus particulièrement les amines hétérocycliques ;

3° Les imides $NH\begin{matrix}\diagup CO - R \\ \diagdown CO - R'\end{matrix}$.

Observons cependant que le nom d'*imine* est, le plus souvent, réservé aux dérivés aldéhydiques ou cétoniques. Il y aurait lieu, pour éviter des confusions regrettables, d'en faire une règle absolue, et de convenir que les imines seront toujours et exclusivement les composés à groupement fonctionnel R — CH = NH ou $R - \underset{\underset{NH}{\parallel}}{C} - R'$ [ou leurs dérivés de substitution (= NR")]. Les imines aldéhydiques pourraient s'appeler *aldimines*, et les imines cétoniques *cétimines*.

Pour ne parler que des cétimines, qui font l'objet de la présente Communication, nous rappellerons que diverses séries de matières colorantes appartiennent à cette classe de composés. Citons les auramines (Kern et Caro, Grœbe, etc.), dont la plus simple $\begin{matrix}(CH^3)^2NC^6H^4 \\ (CH^3)^2NC^6H^4\end{matrix}\!\!>C = NH$ résulte de l'action de l'ammoniaque sur la tétraméthyldiaminobenzophénone.

Aux cétimines se rattachent également les imines des quinones ou *quinimines* (Willstäter, Meyer, Pfannensthiel, Erdmann, etc.).

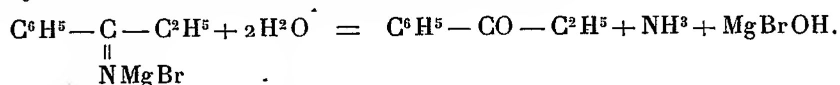
On a obtenu, en outre, quelques cétimines substituées $\begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>C=NR''$ (qu'on a souvent appelées, à tort, *imides*), en faisant réagir les cétones aromatiques ou leurs dichlorures sur les amines aromatiques (Pauly, Hantsch, Kraft, Nœgeli, etc.).

Ajoutons, enfin, qu'on a préparé de nombreux composés, parfois très compliqués, qui possèdent, en même temps que la fonction cétimine, d'autres fonctions (E. Meyer, Burns, Hanriot et Bouveault, Thorpe, etc.).

Ces différents corps jouissent d'une propriété commune caractéristique : sous l'action des acides en solution aqueuse, la fonction cétimine est plus ou moins facilement transformée, par hydratation, en fonction cétone, avec mise en liberté d'ammoniaque (ou d'une amine primaire, dans le cas d'une cétimine substituée). C'est, à peu près, tout ce que l'on sait sur la fonction cétimine.

Nous avons été amenés à nous occuper du sujet à la suite d'essais entrepris dans une tout autre direction. Nous cherchions à obtenir des cétones acétyléniques en condensant les nitriles avec l'acétylène dibromomagnésien, conformément à la méthode générale de préparation des cétones découverte par E.-E. Blaise. La combinaison du nitrile avec l'acétylène dibromomagnésien s'effectuait très aisément, mais ensuite, à la décomposition par l'eau, l'acétylène était régénéré, sans formation de cétone en quantité appréciable. C'est pour tâcher de trouver la raison de cet insuccès que nous avons repris l'étude de la réaction de condensation des nitriles avec les composés organohalogénomagnésiens, et nous nous sommes naturellement adressés, tout d'abord, aux cas les plus simples.

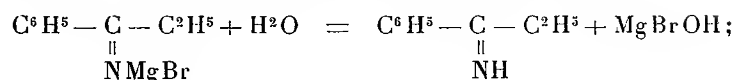
b. Soit la combinaison $C^6H^5-\underset{\underset{NMgBr}{\|}}{C}-C^2H^5$, résultant de la condensation du benzonitrile C^6H^5-CN avec le bromure d'éthylmagnésium C^2H^5MgBr. Traitée par les acides étendus, elle se décompose avec production de phényléthylcétone, selon l'équation suivante (Blaise) :



$$C^6H^5-\underset{\underset{NMgBr}{\|}}{C}-C^2H^5+2H^2O = C^6H^5-CO-C^2H^5+NH^3+MgBrOH.$$

Remarquons que le composé azotobromomagnésien $C^6H^5-\underset{\underset{NMgBr}{\|}}{C}-C^2H^5$ n'est autre que le dérivé bromomagnésien de la cétimine encore inconnue $C^6H^5-\underset{\underset{NH}{\|}}{C}-C^2H^5$. Celle-ci doit donc être le premier produit de

la destruction du composé azotobromomagnésien par l'eau :



$$C^6H^5 - \underset{\underset{NMgBr}{\|}}{C} - C^2H^5 + H^2O = C^6H^5 - \underset{\underset{NH}{\|}}{C} - C^2H^5 + MgBrOH;$$

et l'on pouvait avoir l'espoir d'isoler la cétimine en prenant des précautions spéciales.

En fait, si l'on décompose la combinaison azotobromomagnésienne par la glace, qu'on agite rapidement à l'éther, et que, dans la liqueur éthérée, préalablement désséchée à basse température, on dirige un courant de gaz chlorhydrique sec, on obtient un sel blanc, présentant sensiblement la composition du chlorhydrate de la cétimine attendue $C^6H^5 - \underset{\underset{NH.HCl}{\|}}{C} - C^2H^5$. Ce sel



donne avec l'eau une liqueur qui, d'abord limpide, se trouble au bout de quelques instants, avec formation de phényléthylcétone et de chlorhydrate d'ammoniaque.

Il y avait dans cette observation le principe d'une méthode d'obtention des cétimines *simples* (non substituées). Nous avons effectivement réussi à établir un procédé régulier et général de préparation de ces substances.

II. Préparation. — *a*. Proposons-nous de préparer, par exemple, la diphénylcétimine $C^6H^5 - \underset{\underset{NH}{\|}}{C} - C^6H^5$.



On combine d'abord le benzonitrile $C^6H^5 - CN$ avec le bromure de phénylmagnésium $C^6H^5.MgBr$. La combinaison azotobromomagnésienne obtenue est une masse cristalline à peine colorée. On la lave à l'éther sec par décantation et on la projette, peu à peu, sur un mélange de glace pilée et de chlorhydrate d'ammoniaque. La décomposition s'effectue ainsi à une température très basse (voisine de — 15°), et toute la magnésie entre en solution. On agite le tout avec de l'éther, et la liqueur éthérée, qui contient la cétimine avec de petites quantités de cétone, est, après dessiccation sur du sulfate de soude anhydre, saturée de gaz chlorhydrique sec. La cétimine se précipite à l'état de chlorhydrate, tandis que la cétone qui a pu se produire reste en solution. Le sel est isolé par filtration et essorage dans l'air sec. On le soumet, en suspension dans l'éther anhydre, à l'action d'un courant de gaz ammoniac sec, qui déplace la base. On favorise la réaction par une agitation mécanique continue. Lorsque le gaz ammoniac ne s'absorbe plus, on sépare par filtration le chlorhydrate d'ammoniaque formé, on le lave à l'éther sec, et l'on évapore la liqueur éthérée.

Le résidu constitue la cétimine pure, qui se présente sous la forme d'une huile incolore, distillant dans le vide à point fixe. Les rendements atteignent 70 pour 100 du rendement théorique.

Le procédé que nous venons de décrire permet de préparer très aisément les cétimines dont les résidus unis au groupement fonctionnel sont aromatiques. Nos rendements ont varié, suivant les cas, de 60 à 92 pour 100.

b. Le même mode opératoire peut être appliqué à la préparation des cétimines mixtes grasses-aromatiques (¹). Cependant, comme celles-ci sont plus aisément décomposables par l'eau, il est avantageux de modifier la technique de la manière suivante :

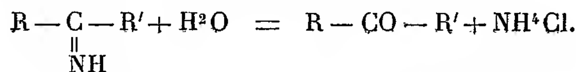
La combinaison azotobromomagnésienne, bien lavée à l'éther sec, est mise en suspension dans le même véhicule et traitée, avec agitation continue, par un courant de gaz chlorhydrique sec, qui décompose la combinaison en donnant le chlorhydrate de cétimine (²). Lorsque toute la masse a été bien attaquée par le gaz et que l'absorption ne se fait plus, on décante l'éther, on lave par décantation la masse solide avec de l'éther sec, on la met en suspension dans le même véhicule, et l'on soumet le tout à l'action du gaz ammoniac sec, avec agitation continue, jusqu'à refus. Finalement, après filtration et lavage de la masse à l'éther sec, la liqueur éthérée est évaporée. Elle abandonne une huile légèrement jaunâtre, qu'on rectifie par distillation dans le vide.

On isole ainsi, le plus souvent, deux produits : d'abord, en quantité généralement prépondérante, l'imine, puis, à une température notablement plus élevée, une substance moins riche en azote, qui paraît résulter de la condensation de l'imine avec perte d'ammoniac. Les rendements (rapportés au mélange) sont généralement voisins de 60 pour 100.

III. Propriétés générales. — Les cétimines sont le plus souvent des huiles, ou des solides à point de fusion peu élevé, incolores, à odeur légèrement vireuse. Elles sont très fortement réfringentes.

Ce sont des corps basiques, donnant des sels cristallisés : chlorhydrates, acétates, benzoates, etc.

Nous avons étudié spécialement les chlorhydrates. Ils sont facilement solubles dans l'eau. Les solutions, limpides au début, se troublent peu à peu (en quelques secondes dans le cas des cétimines grasses-aromatiques), avec formation de cétone et de chlorhydrate d'ammoniaque :



$$R-\underset{\underset{NH}{\|}}{C}-R' + H^2O = R-CO-R' + NH^4Cl.$$

(¹) Nous ne nous sommes pas encore occupés des cétimines exclusivement grasses.

(²) $R-\underset{\underset{NMgBr}{\|}}{C}-R' + 2HCl = R-\underset{\underset{NH.HCl}{\|}}{C}-R' + MgBrCl.$

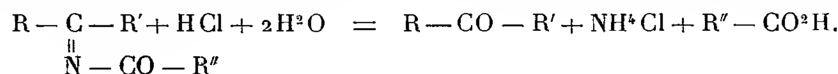
D'abord nettement acides au tournesol, les liqueurs, quand la réaction est complète, sont neutres. Tout l'azote se retrouve alors sous la forme de chlorhydrate d'ammoniaque, et l'on peut le doser très exactement à cet état par évaporation en liqueur chlorhydrique. De même, par agitation à l'éther, on peut extraire du mélange la cétone *très pure* en quantité théorique. Si l'on désire effectuer rapidement une décomposition intégrale du sel, il suffit de le chauffer au bain-marie avec de l'acide chlorhydrique au dixième.

Les chlorhydrates sont très solubles dans le chloroforme, et l'on peut ensuite les précipiter de leur solution par addition d'éther ou d'éther de pétrole. Leur solubilité dans le chloroforme permet de les séparer complètement du chlorhydrate d'ammoniaque, dont ils sont souillés quand on n'a pas mis en œuvre, pour les préparer, des réactifs suffisamment secs.

Les cétimines libres sont beaucoup moins sensibles que leurs sels à l'action de l'eau. Ce réactif ne les attaque que lentement, avec production d'ammoniaque et de cétone.

Les cétimines sont des substances non saturées, qui fixent énergiquement le brome.

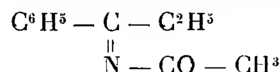
Leurs dérivés acidylés $R - \underset{\underset{N - CO - R''}{\|}}{C} - R'$ sont quantitativement décomposés par l'acide chlorhydrique étendu, à chaud, d'après l'équation suivante :



$$R - \underset{\underset{N - CO - R''}{\|}}{C} - R' + HCl + 2H^2O = R - CO - R' + NH^4Cl + R'' - CO^2H.$$

IV. Description de quelques cétimines. — Nous avons préparé huit cétimines : quatre aromatiques et quatre grasses-aromatiques.

Phényléthylcétimine $C^6H^5 - \underset{\underset{NH}{\|}}{C} - C^2H^5$. — Éb. 101°,5-102°,5 sous 13mm,5; $D_{4°}^{22°} = 0,9902$; $n_D^{22°} = 1,5476$; RM. = 42,63 (calc. 42,34); le chlorhydrate fond à 145° (fus. instant. au bloc Maquenne); le dérivé acétylé



$$C^6H^5 - \underset{\underset{N - CO - CH^3}{\|}}{C} - C^2H^5$$

fond à 126°.

Phénylpropylcétimine $C^6H^5 - \underset{\underset{NH}{\|}}{C} - CH^2 - CH^2 - CH^3$. — Éb. 99° sous 8mm; $D_{4°}^{18°} = 0,9751$; $n_D^{18°} = 1,5353$; RM. = 46,95 (calc. 46,94).

Phénylisobutylcétimine $C^6H^5 - \underset{\underset{NH}{\|}}{C} - CH^2 - CH\langle{}^{CH^3}_{CH^3}$. — Éb. 113°-114° sous $12^{mm},5$; $D_{4°}^{20°} = 0,9489$; $n_D^{20°} = 1,5270$; RM. = 52,18 (calc. 51,55).

Phénylcyclohexylcétimine $C^6H^5 - \underset{\underset{NH}{\|}}{C} - C^6H^{11}$. — Éb. 135°-138° sous 5^{mm}.

Diphénylcétimine $C^6H^5 - \underset{\underset{NH}{\|}}{C} - C^6H^5$. — Éb. 127° sous $3^{mm},5$; $D_{4°}^{19°} = 1,0847$; $n_D^{19°} = 1,6191$; RM. = 58,54 (calc. 57,47) (1).

Phénylorthotolylcétimine $C^6H^5 - \underset{\underset{NH}{\|}}{C} - \underset{(2)}{C^6H^4}\underset{(1)}{CH^3}$. — Éb. 136°-137° sous 4^{mm}; $D_{4°}^{18°,5} = 1,0614$; $n_D^{18°,5} = 1,6065$; RM. = 63,4 (calc. 62,07).

Phénylparatolylcétimine $C^6H^5 - \underset{\underset{NH}{\|}}{C} - \underset{(4)}{C^6H^4}\underset{(1)}{CH^3}$. — Fusion à 37°; éb. 147° sous 5^{mm}; $D_{4°}^{20°} = 1,0617$; $n_D^{20°} = 1,6097$; RM. = 63,64 (calc. 62,07).

Phényl-α-naphtylcétimine $C^6H^5 - \underset{\underset{NH}{\|}}{C} - C^{10}H^7\alpha$. — Fusion à 68°-69°; éb. à 181°,5 sous $4^{mm},5$.

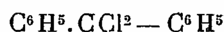
Notre intention est de poursuivre ce travail. La fonction cétimine apparaît comme très active et susceptible de se prêter à des réactions variées. Nous espérons qu'on voudra bien nous accorder le temps nécessaire pour en faire une étude méthodique.

En présentant à l'Académie le premier fascicule du Tome VI du *Bulletin du Comité international de la Carte du Ciel*, M. **B. Baillaud**, directeur de l'Observatoire, s'exprime en ces termes :

Ce fascicule contient trois articles très différents, dont je dois rendre sommairement compte.

---

(1) Hantsch et Kraft ont obtenu le chlorhydrate en chauffant le dichlorure



$$C^6H^5.CCl^2 - C^6H^5$$

avec de l'uréthane à 130° (*Ber. der deutsch. Chem. Ges.*, t. XXIV, p. 3516).

Le dernier est un Rapport de la Commission des grandeurs stellaires photographiques désignée dans la session de 1909. Plusieurs membres de cette Commission, MM. Backlund, Kapteyn, E.-C. Pickering, Turner, eurent occasion de se réunir en Amérique à l'occasion de la session de l'Union internationale solaire, en 1910; MM. Schwarzschild et Seares représentaient MM. Scheiner et G. Hale à cette réunion. Le Rapport renseigne sur l'état des recherches faites à Harvard à cette date. Une nouvelle réunion aura lieu à Bonn le 31 juillet prochain, dans laquelle sera probablement rédigé un second Rapport.

Le second article est un Mémoire de M. E. Esclangon sur la Réfraction astronomique. L'auteur envisage dans son ensemble la déformation que la réfraction engendre relativement à un élément de surface entourant un point donné. Il trouve qu'il existe pour l'axe horaire de l'instrument une infinité d'orientations telles que, dans la déformation continue qui s'opère dans la distribution des images du cliché, la rotation qui accompagne la déformation pure soit nulle; parmi elles il en est une pour laquelle la donnée première de cette rotation est également nulle. M. Esclangon pense qu'il convient d'adopter cette direction pour celle de l'axe horaire. On peut regretter que son Mémoire ne renferme pas d'application numérique. Dans les épreuves de la Carte du Ciel à trois poses, on trouve des déformations des triangles correspondant aux trois poses; mais, au moins jusqu'à présent, il ne semble pas qu'on en ait trouvé dans les images en elles-mêmes.

M. Esclangon étudie aussi les déformations dues à des causes étrangères à la réfraction. Il exprime le regret que, dans les publications de la Carte du Ciel, on n'indique pas l'étoile guide de chaque cliché et l'ordre dans lequel les trois poses ont été effectuées; sans doute, dans chaque observatoire, on sera conduit, à l'achèvement du travail, plus tôt peut-être, à publier un grand nombre de renseignements recueillis au jour le jour. A propos des imperfections du suivage, il préconise un dispositif tel que dans les périodes d'entraînement, et alors seulement, l'instrument présente une résistance à l'entraînement, supprimant ainsi les inconvénients du jeu des divers organes.

La plus grande partie du fascicule est remplie par un Mémoire de 326 pages, dû à M. A.-R. Hinks, et intitulé : *Catalogue photographique des étoiles observées avec la planète Éros*. Cet important travail est l'achèvement de l'entreprise à laquelle, en 1900-1901 ont collaboré, par des procédés photographiques ou visuels, un très grand nombre d'observatoires. M. Hinks a discuté et combiné ici les positions déduites des clichés obtenus

à Alger, Bordeaux, Catane, Cambridge, Greenwich, Helsingfors, Lick Observatory, Minneapolis, Northfield, Paris, Poulkovo, San Fernando, Toulouse, Upsal. Il a dû préalablement se livrer à une discussion minutieuse de divers systèmes de valeurs proposées pour les étoiles de repère. Lœwy avait publié dans les circulaires 8 et 9 les observations méridiennes faites dans 13 observatoires et il était aisé d'en déduire un système L formé de deux listes de 319 et de 352 étoiles; la plupart des observatoires avaient réduit leurs clichés à ce système ou à un système voisin. Tucker et F. Cohn en avaient publié d'autres. A.-R. Hinks a adopté le système L, dans lequel il a mis en évidence une équation de grandeur $+0^s,020\,(m-m_0)$ pour la première liste, $+0^s,015\,(m-m_0)$ pour la seconde. Il a formé aussi un catalogue photographique provisoire PP et, par une discussion minutieuse, il a déduit un système standard.

Aux pages 67 à 75, M. Hinks donne d'abord un catalogue standard des 334 étoiles de repère ayant servi jusqu'à la fin de 1900. Dans ce catalogue, il a indiqué, pour chaque étoile, sa position; 1° d'après le système de Lœwy; 2° d'après le système F. Cohn; 3° d'après le catalogue photographique provisoire; 4° d'après le système standard de Hinks.

Les pages 79 à 306 sont pour 5718 étoiles de comparaison d'Éros, les positions individuelles et leurs moyennes pondérées.

M. A.-R. Hinks pense que ce catalogue, qui a servi à la discussion des positions d'Éros et par elles à la détermination de la parallaxe du Soleil et de la masse de la Lune, pourra rendre encore beaucoup de services. Les étoiles qu'il renferme s'étendent dans le voisinage d'une bande allant d'un point de cordonnées $\alpha = 1^h23^m$ et $\delta = 51°$ à un point situé en $\alpha = 5^h56^m$, $\delta = 11°$; 4000 de ces étoiles sont sur la partie de cette bande qui va de l'origine à $\alpha = 2^h43^m$, $\delta = 43°$. Il peut être utile, en maintes circonstances, d'avoir des positions très précises d'un grand nombre d'étoiles dans un champ peu étendu. Mais M. Hinks estime que le catalogue offre une mine dans laquelle on pourra creuser longtemps encore au point de vue de connaître jusqu'à quelles limites on peut pousser l'exactitude des procédés photographiques. Ses travaux ont appris aux astronomes, à mesure qu'ils ont été publiés, ce qu'ils auraient dû faire pour obtenir les résultats les plus précis. Il serait bien utile qu'une publication d'ensemble les mît à la disposition de tous. Après le catalogue photographique de Hinks, elle clôturerait de la façon la plus brillante et la plus utile l'entreprise des observations d'Éros en 1900.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Le quotient Trouton et la chaleur de vaporisation des corps purs bouillant aux températures basses. Données relatives à l'hélium.* Note de M. DE FORCRAND.

J'ai montré précédemment ([1]) dans quelle mesure la formule empirique que j'ai proposée récemment ([2]) s'accorde avec les faits connus pour les corps purs bouillant aux températures élevées, depuis 630° (mercure) jusqu'à 2583° (cuivre).

Il n'y a rien à relever de particulier pour la région des températures moyennes (entre 300° et 630° absolus), attendu que, dans cet intervalle, ma courbe se confond presque avec celle de Nernst et même avec la droite de Trouton. Les différences entre les trois courbes et avec les données expérimentales atteignent tout au plus 2 pour 100, et c'est à peine si l'on peut en répondre dans les cas les mieux connus.

Mais il y a lieu d'insister pour la région des températures basses. Ici la courbe de Nernst et la mienne s'écartent absolument de la droite de Trouton, puisqu'elles partent de zéro vers le zéro absolu pour atteindre plus de 21 vers 300°. Elles sont d'ailleurs assez voisines, car elles donnent respectivement :

	Formule de Nernst.	Ma formule.
A 50 degrés absolus.................	15,79	15,22
A 100 »	18,30	17,83
A 200 »	20,46	20,04

c'est-à-dire des différences de 4 à 2 pour 100.

J'indiquerai ici quelques vérifications particulières :

	Calculé avec ma formule.		Valeurs de L déduites des tensions de vapeur.		Déterminations directes de L.
	Valeurs de $\frac{L}{T}$.	Valeurs de L (en grandes calories).	Knietsch.	Johnson et McIntosch.	Estreicher et McIntosch.
Chlore ($t = 239°,3$).	20,522	4,91	4,89	4,98	4,372
			Ramsay et Gray.		Chaumat.
Émanation du radium ($t = 211°$)..	20,192	4,26	4,135		4,153

([1]) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1648.

([2]) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1439.

	Calculé avec ma formule.		Valeurs de L déduites des tensions de vapeur.		Déterminations directes de L.	
	Valeurs de $\frac{L}{T}$.	Valeurs de L (en grandes calories).	Travers, Scater et Jaquerod.		Alt.	Kresom.
Oxygène ($t = 90°,1$)	17,453	1,572	1,636		1,630	1,621
			Baly.	Plank.	Alt.	
Azote ($t = 77°,4$)...	16,895	1,307	1,296	1,336	1,335	
			Travers et Jaquerod.		Dewar.	Kresom.
Hydrogène($t = 20°,4$)	11,540	0,235	0,226		0,251	0,219
			K. Onnes.			
Hélium ($t = 4°,25$).	4,820	0,02047	0,01938			
$\theta = 1°,4118$.......	0	0				

L'accord est encore très satisfaisant pour cette région des températures basses, assurément mieux connue aujourd'hui que celle des températures élevées [1].

Ces vérifications autorisent un essai d'extrapolation *vers* le zéro absolu. La valeur de $\frac{L}{T}$, calculée avec ma formule, s'annule pour $1°,4118$. C'est à ce point, et non exactement au zéro absolu ou à $1°$, que notre courbe s'arrête.

Au-dessous de cette température θ, les mots : *température d'ébullition* (sous-entendu : sous une pression de 760^{mm}) n'ont plus de sens. Un corps pur bouillant à $1°,4118$ sous la pression de 760^{mm} aurait pour données critiques :

$$T_c = 1°,4118 = T \qquad \text{et} \qquad P_c = 760^{mm} = P.$$

Aucune substance ne peut donc avoir une température d'ébullition inférieure à $1°,4118$. C'est la signification du terme négatif constant : $-1,5$ introduit dans ma formule.

En résumé on voit que la règle de Trouton n'est à peu près exacte qu'aux températures moyennes (de 300° à 900° absolus environ), et elle ne se vérifie sensiblement que parce que la véritable courbe : $\frac{L}{T} - T$ est en S et présente un pseudo-palier pour cette région.

Si l'on opérait habituellement aux températures très élevées, L ne serait

---

[1] La formule de Nernst donnerait des nombres constamment un peu plus élevés, par exemple $\frac{L}{T} = 5,94$ pour l'hélium.

plus du tout proportionnelle à T, mais plutôt à T^3, parce que le dernier terme (en T^2) de ma formule devient alors prépondérant.

Si, au contraire, on opérait aux températures très basses, le premier terme resterait seul important, et par suite $\frac{L}{T}$ serait très sensiblement proportionnel au logarithme de T.

En terminant, je dois indiquer le mode de calcul adopté pour déduire L des mesures de tensions de vapeur.

On commence par construire la courbe, à grande échelle, sur un quadrillé, avec les valeurs expérimentales de L (¹).

Pour l'hélium, que je vais prendre comme exemple, j'ai pu tracer la courbe de 3° à 5°,25 (température critique) avec les données récentes de K. Onnes. J'ai obtenu ainsi les nombres qui suivent, auxquels je joindrai les valeurs de $\frac{100}{t}$ et celles de $10 \log p$, qui leur correspondent :

t.	p.	$\frac{100}{t}$.	$10 \log p$.
3°	175^mm	33,33	22,4304
3,25	260	30,77	24,1497
3,50	350	28,57	25,4407
3,75	470	26,26	26,7210
4	600	25,00	27,7815
4,25	760	23,53	28,8081
4,50	925	22,22	29,6614
4,75	1135	21,05	30,5500
5	1385	20,00	31,4145
5,25	1718	19,05	32,3502

Puis, sur un autre quadrillé, on trace la courbe $10 \log p - \frac{100}{t}$, et l'on choisit sur cette seconde courbe les valeurs de $10 \log p$, qui correspondent à des intervalles égaux de $\frac{100}{t}$. J'ai obtenu ainsi :

(¹) On est toujours obligé d'éliminer un certain nombre de données tout à fait irrégulières et manifestement erronées, surtout lorsqu'on veut construire la courbe sur une assez grande étendue. Mais en général les mesures faites au voisinage de T sont assez bonnes, et elles suffisent pour ce travail.

$\frac{100}{t}$.	t.	$10 \log p$.	p.
33,05..........	3°,026	22,650	184^{mm},1
31,05..........	3,226	23,950	248,3
29,05..........	3,442	25,185	330
27,05..........	3,696	26,460	442,6
25,05..........	3,992	27,767	598
23,05..........	4,338	29,100	812,8
21,05..........	4,750	30,550	1135
19,05..........	5,250	32,350	1718

C'est avec ces valeurs de t et de p qu'on fait les calculs avec la formule de Clapeyron, mise sous la forme commode qu'on sait :

$$L = \frac{1,98}{1000} \log \frac{p}{p'} \frac{t \times t'}{t - t'},$$

laquelle donne immédiatement les valeurs de L, en grandes calories, pour 1^{mol}. On calcule de proche en proche.

Enfin on fait subir à chacune des valeurs ainsi obtenues la correction (importante pour l'hélium qui, à 4°,25, est très près du point critique) due à ce que les vapeurs ne sont pas des gaz parfaits.

La correction de M. Leduc n'étant généralement pas calculable pour les cas qui nous occupent, j'ai employé la correction indiquée par M. Gay [1]. Finalement j'ai obtenu les résultats qui suivent, pour l'hélium :

t moyenne.	p moyenne.	L.	$\frac{L}{T}$ (si T = 4°,25).
3°,126	213^{mm},80	0^{Cal},024333	5,725
3,334	286,25	0,023566	5,545
3,569	382,15	0,022536	5,303
3,884	515,20	0,021362	5,026
4,165	695,93	0,019749	4,647
4,544	960,50	0,018122	4,264
5,000	1396,50	0,015129	3,560

On construit alors une dernière courbe, soit de $\frac{L}{T} - t$ moyenne, soit de $\frac{L}{T} - p$ moyenne, et l'on trouve que, pour 4°,25 = T ou 760^{mm} = P,

$$\frac{L}{T} = 4,560.$$

(1) *Comptes rendus*, t. **156**, 1913, p. 1464.

Donc, pour l'hélium, $L = \frac{4,56 \times 4,25}{1000}$, soit $0^{Cal},01938$, soit à la température d'ébullition $T = 4°,25$. Ma formule donne $0^{Cal},02047$.

S'il est vrai que la chaleur moléculaire de vaporisation du carbone est voisine de 144^{Cal}, celle de l'hélium est sept mille cinq cents fois plus petite.

M. A. Verschaffel, en présentant des *Tables pour le calcul de la précession en* A. R. *et* D., *équinoxe de* 1900, imprimées à l'Observatoire d'Abbadia, s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie des Sciences de deux Tables, établies spécialement pour le calcul de l'ascension droite et de la déclinaison des étoiles de repère des nombreux Catalogues photographiques du Ciel, dont la date est 1900,0.

Ces Tables, spéciales à cet usage, ont l'avantage de pouvoir être employées sans interpolation. Le travail en est sensiblement abrégé et facilité sans rien perdre de la précision des résultats.

CORRESPONDANCE.

M. le Ministre de l'Instruction publique invite l'Académie à lui présenter une liste de candidats au cours complémentaire d'Études coloniales : *Protistologie pathologique*, créé au Collège de France par Décret du 28 mars 1913.

(Renvoi à une Commission composée de MM. les Membres de la Section de Médecine et Chirurgie, de MM. Chauveau et Roux.)

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Le trente et unième Volume (1911) de l'*Annuaire statistique*, publié par le Ministère du Travail et de la Prévoyance sociale.

2° Le fascicule III du *Bulletin* de l'Institut aérotechnique de l'Université de Paris.

3° *La faune paléocène de Landana*, par EM. VINCENT, LOUIS DOLLO et MAURICE LERICHE.

4° SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE. *Les idées modernes sur la constitution de la matière*, Conférences faites en 1912.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Un essai de démonstration du théorème de Fermat*. Note (¹) de M. **EUGÈNE FABRY**.

Soient λ un nombre premier impair, x, y, z trois nombres entiers, positifs ou négatifs, premiers entre eux, non divisibles par λ. Si l'on a

$$x^\lambda + y^\lambda + z^\lambda = 0,$$

on en déduit

$$(-z)^\lambda = (x+y)(x+\alpha y)(x+\alpha^2 y)\ldots(x+\alpha^{\lambda-1}y),$$

λ étant une racine imaginaire de l'équation $\alpha^\lambda = 1$. Ces λ facteurs sont premiers entre eux, et l'on devra avoir

$$x + \alpha y = \alpha^p E(\alpha) P^\lambda(\alpha),$$

où $E(\alpha) = E(\alpha^{-1})$, et $P(\alpha)$ est un nombre complexe qui peut être idéal.

Soient h et k deux entiers positifs inférieurs à λ; k fixe, et h tel que la somme de h et du reste de $kh \pmod{\lambda}$ soit supérieur à λ; on aura

$$\frac{q+1}{k+1}\lambda < h < \frac{q+1}{k}\lambda \qquad q = 0, 1, 2, \ldots, k-1.$$

Soit m_h tel que $hm_h \equiv 1 \pmod{\lambda}$, et $n_1, n_2, \ldots, n_\mu$, les $\mu = \frac{\lambda-1}{2}$ nombres m ainsi déterminés. Kummer a démontré (*J. de Crelle*, t. 35), que, si $P(\alpha)$ est un idéal, $P(\alpha^{n_1})P(\alpha^{n_2}) \ldots P(\alpha^{n_\mu})$ est un nombre complexe existant. On a donc

$$(1) \quad (x+\alpha^{n_1}y)(x+\alpha^{n_2}y)\ldots(x+\alpha^{n_\mu}y) = \alpha^r Q^\lambda(\alpha)$$
$$= \alpha^r(a_0 + a_1\alpha + a_2\alpha^2 + \ldots + a_{\lambda-2}\alpha^{\lambda-2})^\lambda,$$

car

$$E(\alpha^{n_1})E(\alpha^{n_2})\ldots E(\alpha^{n_\mu}) = E(\alpha^{-n_1})E(\alpha^{-n_2})\ldots E(\alpha^{-n_\mu}) = \pm 1,$$
$$Q(\alpha) = \pm P(\alpha^{n_1})P(\alpha^{n_2})\ldots P(\alpha^{n_\mu})$$

est un nombre existant. En développant suivant les puissances de $1-\alpha$,

---

(¹) Reçue dans la séance du 26 mai.

facteur de λ, on a les congruences

$$(x+y)^\mu \equiv (a_0+a_1+\ldots+a_{\lambda-2})^\lambda, \qquad y(n_1+n_2+\ldots+n_\mu) \equiv (x+y)r \qquad (\mathrm{mod}\,\lambda).$$

Soit

$$t=\frac{y}{x+y}, \qquad N_p = n_{\gamma_1}+n_{\gamma_2}+\ldots+n_{\gamma_p}$$

somme de p quelconques des μ nombres n. L'égalité (1) conduit à la congruence

$$\Sigma x^{\mu-p} y^p \,\Sigma \alpha^{N_p} \equiv (x+y)^p \alpha^{tN_\mu} \qquad (\mathrm{mod}\,\lambda),$$

$$\Sigma x^{\mu-p} y^p \,\Sigma \left[1-\frac{N_p}{1}(1-\alpha)+\frac{N_p(N_p-1)}{1.2}(1-\alpha)^2-\ldots\right]$$
$$\equiv (x+y)^\mu \left[1-tN_\mu(1-\alpha)+\frac{tN_\mu(tN_\mu-1)}{1.2}(1-\alpha)^2\ldots\right],$$

on en déduit

$$(2) \qquad \Sigma t^p(1-t)^{\mu-p}\Sigma N_p^q = \Sigma n_{\gamma_1}^{\beta_1} n_{\gamma_2}^{\beta_2}\ldots n_{\gamma_s}^{\beta_s}\frac{q!}{\beta_1!\,\beta_2!\ldots\beta_s!}t^s \equiv t^q N_\mu^q \qquad (\mathrm{mod}\,\lambda),$$

où $\beta_1+\beta_2+\beta_s=q$, q ayant l'une des valeurs 0, 1, 2, ..., $\lambda-2$.

En remplaçant q par $q-1$, multipliant par N_μ, puis retranchant la congruence (2), multipliant par $\frac{t}{1-t}$ et retranchant de la congruence (2), on a

$$\Sigma n_{\gamma_1}^{\beta_1} n_{\gamma_2}^{\beta_2}\ldots n_{\gamma_s}^{\beta_s}\frac{(q-1)!}{\beta_1!\,\beta_2!\ldots\beta_s!}t^s(q-r)\equiv 0 \qquad (\mathrm{mod}\,\lambda),$$

où r est le nombre des exposants $\beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_s$ égaux à 1.

La même transformation conduit successivement aux congruences

$$\Sigma n_{\gamma_1}^{\beta_1} n_{\gamma_2}^{\beta_2}\ldots n_{\gamma_s}^{\beta_s}\frac{q!}{\beta_1!\,\beta_2!\ldots\beta_s!}t^s(q-r)^m\equiv 0 \qquad (\mathrm{mod}\,\lambda)$$

et

$$\Sigma n_{\gamma_1}^{\beta_1} n_{\gamma_2}^{\beta_2}\ldots n_{\gamma_s}^{\beta_s}\frac{q!}{\beta_1!\,\beta_2!\ldots\beta_s!}t^s(q-r)r(r-1)\ldots(r-q+3)\equiv 0$$

qui se réduit à

$$\Sigma n_{\gamma_1}^2 n_{\gamma_2} n_{\gamma_3}\ldots n_{\gamma_{q-1}} \equiv 0 \qquad (\mathrm{mod}\,\lambda).$$

Mais on a les identités

$$\Sigma n_{\gamma_1}^p \Sigma n_{\gamma_1} n_{\gamma_2}\ldots n_{\gamma_{q-p}} = \Sigma n_{\gamma_1}^p n_{\gamma_2} n_{\gamma_3}\ldots n_{\gamma_{q-p+1}} + \Sigma n_{\gamma_1}^{p+1} n_{\gamma_2}\ldots n_{\gamma_{q-p}}.$$

Si l'on suppose

$$\Sigma n_\gamma^2 \equiv \Sigma n_\gamma^3 \equiv \ldots \equiv \Sigma n_\gamma^{q-1} \equiv 0 \qquad (\mathrm{mod}\,\lambda),$$

on en déduit

$$\Sigma n_\gamma^q \equiv 0.$$

Et, comme $\Sigma n_\gamma^2 = 0$, on aura successivement

$$\Sigma n_\gamma^3 \equiv \Sigma n_\gamma^4 \equiv \ldots \equiv \Sigma n_\gamma^{\mu-2} \equiv 0 \qquad (\text{mod}\,\lambda).$$

Comme n n'est égal ni à 0, ni à 1, on a

$$\Sigma(n^2 + n^3 + \ldots + n^{\lambda-2}) = \sum \frac{n^{\lambda-1} - n^2}{n-1} \equiv \Sigma - (n+1) \equiv 0 \qquad \text{mod}\,\lambda).$$

Pour les valeurs $k = 1$ et $k = \mu$, cette congruence donnerait

$$\frac{1}{\mu+1} + \frac{1}{\mu+2} + \ldots + \frac{1}{2\mu} + \mu \equiv 0,$$

$$\frac{1}{2}\left(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \ldots + \frac{1}{\mu}\right) + \mu \equiv 0$$

et

$$1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \ldots + \frac{1}{2\mu} + 3\mu \equiv 0 \qquad [3\mu \equiv 0\,(\text{mod}\,\lambda)],$$

ce qui est impossible, excepté si $\lambda = 3$, cas démontré par Kummer.

Si y est divisible par λ, on a $r = 0$. L'égalité (1) peut s'écrire

$$(x + \alpha^{n_1} y)(x + \alpha^{n_2} y)\ldots(x + \alpha^{n_\mu} y) = [b_0 + b_1(1-\alpha) + \ldots + b_{\lambda-2}(1-\alpha)^{\lambda-2}]^\lambda,$$

qui conduit aux congruences

$$x^\mu + x^{\mu-1} y^\mu \equiv b_0^\lambda \qquad (\text{mod}\,\lambda^2),$$

$$b_0 \equiv x^\mu \equiv \pm 1 \qquad (\text{mod}\,\lambda),$$

$$b_0^\lambda \equiv x^{\lambda\mu} \qquad (\text{mod}\,\lambda^2),$$

$$1 + \frac{y}{x}\mu \equiv x^{(\lambda-1)}\mu \qquad (\text{mod}\,\lambda^2),$$

$$y \equiv 2x(1 - x^{2\mu^2}),$$

on aura de même

$$y \equiv 2z(1 - z^{2\mu^2}) \qquad (\text{mod}\,\lambda^2),$$

et comme $x + z$ doit être divisible par $\lambda^{\lambda-1}$, on a

$$y \equiv 2x(1 - x^{2\mu^2}) \equiv -2x(1 - x^{2\mu^2}) \equiv 0 \qquad (\text{mod}\,\lambda^2).$$

Le théorème de Fermat est ainsi démontré : 1° si aucun nombre n'est divisible par λ ; 2° si l'un est divisible une seule fois par λ.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur une transformation qui dépend d'une équation aux dérivées partielles du troisième ordre.* Note de M. H. **Jonas**.

Je désignerai sous le nom de *couple de Ribaucour* deux surfaces, se correspondant point par point avec orthogonalité des normales, s'il y a,

de plus, correspondance de leurs lignes asymptotiques et de leurs réseaux conjugués. C'est de cette propriété que jouissent notamment, d'après un théorème bien connu de Ribaucour, les deux nappes de la développée d'une surface W ou, ce qui revient au même, une surface admettant un ds^2 de révolution et sa surface complémentaire. Proposons-nous, d'une manière générale, de rechercher la transformation au moyen de laquelle on passe d'une surface donnée (S) à une autre (S_1), formant avec (S) un couple de Ribaucour.

Voici d'abord une remarque préliminaire. Associons à deux surfaces, assujetties à l'unique condition d'avoir leurs normales correspondantes rectangulaires, deux congruences (Γ) et (Γ_1), en menant par chaque point de l'une la tangente parallèle à la normale à l'autre. Je dis qu'entre (Γ) et (Γ_1) il y a correspondance des *secondes* développables.

Or les développables d'une congruence découpent un réseau conjugué sur la nappe focale. Par suite, si, maintenant, (S) et (S_1) constituent un couple de Ribaucour, les *premières* développables de (Γ) et de (Γ_1) vont se correspondre également; il en sera de même de leurs arêtes de rebroussement tracées sur (S) et (S_1). Si $\omega =$ const. est l'équation de ces courbes, les coordonnées et les cosinus directeurs de la normale à (S_1) doivent être définis par les formules suivantes (¹) :

$$dx_1 = (m\,du + n\,dv)\chi + h\,d\omega\,\nabla(x,\omega), \qquad \ldots,$$

$$\chi_1 = \frac{\dfrac{\partial x}{\partial u}\dfrac{\partial \omega}{\partial v} - \dfrac{\partial x}{\partial v}\dfrac{\partial \omega}{\partial u}}{\sqrt{(EG - F^2)\Delta_1\omega}}, \qquad \ldots.$$

Pour déterminer ω, h, m, n, on écrira les conditions d'intégrabilité pour dx_1, dy_1, dz_1; on exigera en outre que D_1, D'_1, D''_1 soient proportionnels à D, D', D''. Cette condition, jointe aux précédentes, se réduit à la seule relation

$$\frac{\partial h}{\partial u}\frac{\partial \omega}{\partial v} - \frac{\partial h}{\partial v}\frac{\partial \omega}{\partial u} = 0,$$

qui permet de faire $h = 1$ (²). Après quelques réductions, on trouve les

---

(¹) Quant aux notations, je me rapporte à l'Ouvrage de M. Bianchi, *Lezioni di Geometria differenziale*.

(²) Pour éviter les imaginaires, on fera $h = -1$ pour la (S_1) symétrique.

formules

$$(1)\quad \left\{\begin{aligned} m &= \frac{D\left(\omega_{22}\dfrac{\partial\omega}{\partial u} - \omega_{12}\dfrac{\partial\omega}{\partial v}\right) + D'\left(\omega_{11}\dfrac{\partial\omega}{\partial v} - \omega_{12}\dfrac{\partial\omega}{\partial u}\right)}{K(EG-F^2)}, \\ n &= \frac{D'\left(\omega_{22}\dfrac{\partial\omega}{\partial u} - \omega_{12}\dfrac{\partial\omega}{\partial v}\right) + D''\left(\omega_{11}\dfrac{\partial\omega}{\partial v} - \omega_{12}\dfrac{\partial\omega}{\partial u}\right)}{K(EG-F^2)}, \end{aligned}\right.$$

$$(2)\quad \frac{\partial m}{\partial v} - \frac{\partial n}{\partial u} = \frac{1}{EG-F^2}\begin{vmatrix} \left(\dfrac{\partial\omega}{\partial u}\right)^2 & \dfrac{\partial\omega}{\partial u}\dfrac{\partial\omega}{\partial v} & \left(\dfrac{\partial\omega}{\partial v}\right) \\ E & F & G \\ D & D' & D'' \end{vmatrix}.$$

En portant les expressions (1) dans la relation (2), on aura pour ω une équation aux dérivées partielles du troisième ordre qui, au moyen des formules de Codazzi, peut être ramenée à la forme

$$(3)\quad PD + QD' + RD'' = 0,$$

où P, Q, R ne dépendent plus de D, D′, D″ ni de leurs dérivées. Étant donnée une solution ω, les coordonnées de (S_1) se déterminent par des quadratures.

Notons que les courbures principales de (S) et de (S_1) satisfont à la relation

$$\frac{K}{K_1} = (\Delta_1\omega)^2.$$

Si l'on choisit comme variables les paramètres α et β des asymptotiques, l'équation (3) prend la forme assez simple

$$\frac{\partial\omega_{11}}{\partial\beta}\frac{\partial\omega}{\partial\beta} - \frac{\partial\omega_{22}}{\partial\alpha}\frac{\partial\omega}{\partial\alpha} = 0.$$

Dans le cas où (S) est une quadrique, cette équation admet une intégrale intermédiaire, contenant une fonction arbitraire de ω. La quadrique étant à centre, on a

$$\frac{\partial^2\omega}{\partial\alpha\,\partial\beta} = \frac{f(\omega)}{(\alpha+\beta)^2}.$$

C'est de cette équation différentielle que dépend, d'après M. Goursat [1], la détermination des surfaces dont l'élément linéaire est réductible à la

[1] *Ann. de la Fac. des Sc. de Toulouse*, t. V, 1891.

forme

$$ds^2 = du^2 + 2[u + \varphi(v)]\,dv^2.$$

Les deux problèmes sont donc équivalents au point de vue de l'analyse ; du reste, ils deviennent identiques lorsque (S) est la sphère. Dans le cas d'un paraboloïde, on a l'équation

$$\frac{\partial^2 \omega}{\partial \alpha\, \partial \beta} = f(\omega),$$

qui, abstraction faite des cas particuliers, ne paraît pas encore avoir fait l'objet d'une interprétation géométrique.

J'examinerai enfin une question qui se rattache à la théorie des surfaces applicables. On reconnaît que, si la surface (S) est de révolution, elle admet une famille de courbes, à savoir les parallèles qui, dans quelque déformation qu'on fasse subir à (S), ne cessent d'être des courbes ω, leurs tangentes demeurant parallèles aux normales d'une surface variable (S_1) dont les lignes asymptotiques correspondent à celles de la (S) déformée. Pour qu'une surface jouisse de cette propriété, il faut que dans l'équation (3) P, Q, R disparaissent séparément. Je me contente de signaler la solution de ce problème qui, outre les ds^2 de révolution, comprend les quatre types suivants (¹) :

1° $ds^2 = du^2 + 2[u + \varphi(v)]\,dv^2,$

$ds^2 = du^2 + c[1 + u^2\varphi(v)]\,dv^2,$

3° $ds^2 = du^2 + 2f'(u)\,du\,dv + 2\varphi'(v)\,dv^2,$

4° $ds^2 = du^2 + 2f'\left(\frac{u}{v}\right)du\,dv + 2\left[f\left(\frac{u}{v}\right) - \frac{u}{v}f'\left(\frac{u}{v}\right) + \varphi'(v)\right]dv^2,$

où f et φ désignent des fonctions arbitraires, f' et φ' leurs dérivées.

Le premier cas est celui de M. Goursat, (S_1) étant la sphère. Le second ds^2 appartient à une surface réglée, formée des binormales d'une courbe (réelle ou imaginaire). En posant respectivement $\psi = f(u) + \varphi(v)$ et $\psi = vf\left(\frac{u}{v}\right) + \varphi(v)$, on ramène le troisième et le quatrième type à la forme

$$ds^2 = du^2 + 2\,d\psi\,dv,$$

qui permet l'application immédiate de la méthode de Weingarten.

Dans le troisième cas, (S_1) est (Σ), *surface intégrale de l'équation d'Ampère;* dans le quatrième, (S_1) se trouve être identique avec la (Σ') de

(¹) Nous faisons coïncider les courbes v et ω.

M. Darboux (1). Si l'on fait $K_1 = \text{const.}$, on est conduit aux classes de surfaces applicables dont M. Bianchi (2) a rattaché l'étude à la déformation des congruences selon le mode indiqué par Ribaucour (3).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les différentielles totales et les fonctions monogènes.* Note de M. **Paul Montel**, présentée par M. Émile Picard.

1. La recherche des conditions permettant d'affirmer que l'expression $p(x, y)\,dx + q(x, y)\,dy$ est la différentielle totale d'une fonction $z(x, y)$ dans un domaine D des variables x, y, a fait l'objet d'un grand nombre de travaux, notamment de MM. Schwarz, Thomae, Dini, W.-H. Young.

En faisant l'hypothèse que p et q admettent des dérivées $\frac{\partial q}{\partial x}$ et $\frac{\partial p}{\partial y}$ *bornées* dans D, j'ai démontré que la condition nécessaire et suffisante pour que $p\,dx + q\,dy$ soit une différentielle totale est que la relation $\frac{\partial q}{\partial x} = \frac{\partial p}{\partial y}$ soit vérifiée *presque partout* dans D (4).

Je me placerai maintenant dans le cas où p et q sont des fonctions continues du point (x, y) et admettent des dérivées $\frac{\partial q}{\partial x}$ et $\frac{\partial p}{\partial y}$ finies dans le domaine D (5). On établit alors la proposition suivante :

La condition nécessaire et suffisante pour que l'expression $p\,dx + q\,dy$, dans laquelle p et q sont des fonctions continues du point (x, y) dans un domaine D où elles admettent les dérivées partielles finies $\frac{\partial q}{\partial x}$ et $\frac{\partial p}{\partial y}$, soit une

(1) *Leçons sur la théorie générale des surfaces*, t. IV, p. 311.

(2) *Annali di Mat.*, 3e série, t. VI, 1901 ; voir aussi *Lezioni*, t. II, Chap. XX.

(3) Remarquons que, pour *toute* surface du deuxième et du quatrième type, (S_1) est le lieu des extrémités de ∞^2 segments tangentiels, entraînés dans les déformations de (S).

(4) *Annales de l'École Normale*, 3e série, t. XXIV, 1907, p. 285. — M. de La Vallée-Poussin a étendu ce résultat au cas où les nombres dérivés de q par rapport à x et de p par rapport à y sont finis et sommables superficiellement (Acad. Belgique, *Bull. classe Sc.*, t. XII, 1910, p. 792).

(5) On peut supposer seulement que les nombres dérivés de q par rapport à x et de p par rapport à y sont finis. J'ai montré récemment que les dérivées existent alors presque partout (*Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 1478).

différentielle totale, est que la relation $\frac{\partial q}{\partial x} = \frac{\partial p}{\partial y}$ *soit vérifiée presque partout dans le domaine* D.

On peut remplacer, dans cet énoncé, l'hypothèse de la continuité de p et q en (x, y) par l'hypothèse que ces fonctions soient bornées dans D, mais le résultat ne subsiste plus si l'on ne fait, sur les fonctions p et q, d'autre supposition que celle de leur continuité par rapport à chaque variable et de l'existence des dérivées $\frac{\partial q}{\partial x}$ et $\frac{\partial p}{\partial y}$; la condition demeure nécessaire, mais elle n'est plus toujours suffisante.

2. Le théorème précédent trouve une application immédiate dans la recherche des conditions de monogénéité des fonctions de la variable complexe $x + iy$. Soient u et v deux fonctions continues du point (x, y) dans un domaine D où elles possèdent des dérivées partielles du premier ordre finies : *la condition nécessaire et suffisante pour que* $u + iv$ *soit une fonction holomorphe de* $x + iy$ *dans le domaine* D *est que les relations*

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y}, \qquad \frac{\partial v}{\partial x} = -\frac{\partial u}{\partial y}$$

soient vérifiées presque partout dans D. Ainsi les conditions de Cauchy-Riemann, jointes à la condition de continuité, suffisent à assurer l'holomorphie de $u + iv$; en particulier, si l'on suppose que $u + iv$ à une dérivée en chaque point de D, on retrouve le théorème de M. Goursat.

Il importe de remarquer que notre proposition peut tomber en défaut, si l'on abandonne l'hypothèse que les fonctions u et v soient continues ou bornées dans D.

3. Les résultats du paragraphe 1 s'étendent aux différentielles d'un nombre quelconque de variables ou aux expressions de la forme

$$a\,dy\,dz + b\,dz\,dx + c\,dx\,dy.$$

Supposons, par exemple, que a, b, c soient des fonctions continues du point (x, y, z) dans un domaine D de l'espace à trois dimensions et admettent dans ce domaine les dérivées partielles finies $\frac{\partial a}{\partial x}$, $\frac{\partial b}{\partial y}$ et $\frac{\partial c}{\partial z}$; *la condition nécessaire et suffisante pour que l'intégrale*

$$\int\int a\,dy\,dz + b\,dz\,dx + c\,dx\,dy$$

étendue à une surface fermée quelconque contenue dans le domaine D *soit nulle est que la relation*

$$\frac{\partial a}{\partial x} + \frac{\partial b}{\partial y} + \frac{\partial c}{\partial z} = 0$$

soit vérifiée presque partout dans le domaine D.

Soient alors u et v des fonctions continues du point (x, y, z, t) dans un domaine D à quatre dimensions, dans lequel elles admettent des dérivées partielles du premier ordre finies : *la condition nécessaire et suffisante pour que* $u + iv$ *soit une fonction holomorphe des variables* $x + iy$ *et* $z + it$ *dans* D *est que les conditions de Cauchy soient vérifiées presque partout dans* D. On déduit aussi de ce qui précède qu'une fonction de plusieurs variables complexes, continue par rapport à chacune d'elles et satisfaisant aux conditions de Cauchy, est une fonction holomorphe de l'ensemble de ces variables.

4. On peut rattacher à l'étude des différentielles totales un problème posé par M. Baire (1). Considérons, par exemple, l'équation aux dérivées partielles

$$a\frac{\partial z}{\partial x} + b\frac{\partial z}{\partial y} = 0$$

dans laquelle a et b sont des fonctions continues du point (x, y) admettant des dérivées partielles du premier ordre bornées. Les raisonnements classiques relatifs à l'intégration de cette équation supposent la continuité des dérivées $\frac{\partial z}{\partial x}$ et $\frac{\partial z}{\partial y}$, mais ne sont plus valables si l'on ne fait que l'hypothèse de l'existence de ces dérivées. M. Baire a montré que toute intégrale z, *fonction continue du point* (x, y), est nécessairement constante sur chaque caractéristique (2). Ce résultat peut être étendue au cas où l'on abandonne l'hypothèse de la continuité de z. Soient z, une intégrale quelconque de l'équation proposée et u, une intégrale de l'équation adjointe, on a la relation

$$\frac{\partial(auz)}{\partial x} + \frac{\partial(buz)}{\partial y} = 0;$$

on déduit alors de cette relation que la fonction z est constante sur chaque caractéristique.

(1) *Annali di Matematica*, 3e série, 1899, p. 101.

(2) *Loc. cit.*, p. 118.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Séries hypertrigonométriques.*
Note de M. **Michel Petrovitch**, présentée par M. Émile Picard.

Dans ma dernière Note (*Comptes rendus*, 21 avril 1913, p. 1213) j'ai signalé les analogies entre la classe étendue de fonctions entières

$$(1) \quad \begin{cases} I_1(x) = 1 - \dfrac{\alpha_2}{2!}x^2 + \dfrac{\alpha_4}{4!}x^4 - \ldots, \\ I_2(x) = \alpha_1 x - \dfrac{\alpha_3}{3!}x^3 + \dfrac{\alpha_5}{5!}x^5 - \ldots, \end{cases}$$

où

$$(2) \quad \alpha_n = \frac{\int_a^b u r^n \, dt}{\int_a^b u \, dt}$$

[u et r étant les fonctions de t, finies et continues dans l'intervalle réel et fini (a, b)] et les fonctions trigonométriques élémentaires $\cos ax$ et $\sin ax$.

Les analogies se poursuivent jusqu'aux développements en séries procédant suivant ces fonctions et je m'occuperai ici des séries

$$(3) \quad A_0 + \sum_1^\infty A_n I_1(nx) + \sum_1^\infty B_n I_2(nx),$$

dont les séries trigonométriques ne sont qu'un cas particulier.

Soit

$$(4) \quad A_0 + \sum_1^\infty A_n \cos nx + \sum_1^\infty B_n \sin nx$$

le développement, valable pour x compris entre 0 et 2π, d'une fonction $f(x)$ finie et continue dans cet intervalle.

On peut montrer *que la série* (3) *a également un sens et représente une fonction déterminée de x pour x compris dans un certain intervalle.*

A cet effet, effectuons dans l'intégrale

$$\int_a^b u \cos rx \, dt,$$

le changement de variable $r(t) = \xi$ et soit

$$\int_{\xi_0}^{\xi_1} \psi(\xi) \cos \xi x \, d\xi$$

l'intégrale ainsi obtenue. Quelle que soit la branche envisagée de $\psi(\xi)$, on peut partager l'intervalle (ξ_0, ξ_1) en intervalles (a', b') en nombre limité, tels que dans chacun d'eux cette branche varie toujours dans un même sens. Appliquons à chaque intégrale, étendue à un tel intervalle partiel, le théorème de la moyenne sous la forme d'Ossian Bonnet. On obtient pour chacune d'elles une expression où n figure au dénominateur, tandis que le multiplicateur de $\frac{1}{n}$ reste fini. En groupant ces intégrales et en remarquant qu'on a

$$(5) \qquad \left\{ \begin{aligned} \int_a^b u \cos rx \, dt &= I_1(x) \int_a^b u \, dt, \\ \int_a^b u \sin rx \, dt &= I_2(x) \int_a^b u \, dt, \end{aligned} \right.$$

on trouve qu'en valeur absolue

$$I_1(x) < \frac{\gamma}{n}, \qquad I_2(x) < \frac{\delta}{n},$$

γ et δ étant indépendants de n. Et alors, en vertu de ce que l'on sait sur l'ordre de grandeur des A_i et B_i, *la série* (3) *est absolument et uniformément convergente et représente la fonction*

$$(6) \qquad \Phi(x) = \frac{\int_a^b u f(rx) \, dt}{\int_a^b u \, dt}$$

pour $0 < x < \frac{2\pi}{M}$ où M désigne la plus grande valeur absolue de u pour t compris entre a et b.

Lorsque la fonction $f(x)$ est continue et a 2π comme période, le développement s'étend à toute valeur réelle de x.

Pour $r =$ const. la série (3) se réduit, quelle que soit la fonction u, à la série trigonométrique (4). Dans le cas de r variable et lorsque u garde un signe invariable pour les valeurs de t comprises dans l'intervalle (a, b), la série (3) représente une fonction de la forme $f(\mu x)$, où μ est une fonction de x dont les valeurs, lorsque x varie de $-\infty$ à $+\infty$, restent comprises

entre la plus petite et la plus grande valeur que prend r lorsque t varie de a à b.

J'ajoute que l'expression de la série (3) sous la forme (6) met en évidence les nombreuses propriétés de ces séries et représente la source de nombreuses formules généralisant celles qui se rattachent aux fonctions trigonométriques.

On a, par exemple, les formules :

$$\sum_1^\infty \frac{1}{n} \mathrm{I}_2(nx) = \frac{1}{2}(\pi - \alpha_1 x),$$

$$\sum_1^\infty \frac{(-1)^{n+1}}{n^2-p^2} \mathrm{I}_1(nx) = \frac{\mathrm{I}_1(px)}{2p\sin p\pi} - \frac{1}{2p^2},$$

$$\sum_1^\infty \frac{(-1)^{n+1} n}{n^2-p^2} \mathrm{I}_2(nx) = \frac{\pi}{2\sin p\pi} \mathrm{I}_2(px),$$

généralisant les développements trigonométriques de x, $\cos px$ et $\sin px$, et dont la première est valable pour $0 < x < \frac{2\pi}{\mathrm{M}}$ et les deux autres pour toute valeur réelle de x.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur des solutions holomorphes de certaines équations intégrales linéaires de troisième espèce.* Note [1] de M. **Ch. Platrier**, présentée par M. Émile Picard.

1. Soient $\alpha < 0 < \beta$ et $\psi(x)$, $\mathrm{K}(x, s)$ fonctions holomorphes pour $\alpha \leqq x \leqq \beta$, $\alpha \leqq s \leqq \beta$. Considérons d'une part l'équation intégrale linéaire de troisième espèce

$$\varphi(x) = \frac{\psi(x)}{x^p} + \lambda \int_\alpha^\beta \frac{\mathrm{K}(x, s)}{x^p} \varphi(s)\, ds, \tag{1}$$

d'autre part l'équation de seconde espèce

$$\chi(x) = \frac{\psi(x)}{x^p} + \lambda \int_\alpha^{-\varepsilon} \frac{\mathrm{K}(x, s)}{x^p} \chi(s)\, ds + \lambda \int_\eta^\beta \frac{\mathrm{K}(x, s)}{x^p} \chi(s)\, ds. \tag{2}$$

---

[1] Présentée dans la séance du 9 juin 1913.

où ε et η sont des quantités positives très petites qui tendent vers zéro, de telle sorte que $\log\frac{\varepsilon}{\eta}$ tend vers une constante C.

M. E. Picard (*Annales de l'École Normale*, 1911) a montré que, si $p=1$, la solution $\chi(x)$ de (2) tend vers une limite $\varphi(x)$ fonction homographique de C. Cette fonction $\varphi(x)$ admet en général comme seul point critique entre α et β le point $x=0$, pôle du premier ordre. Pour qu'elle soit holomorphe pour $x=0$, il faut et il suffit que λ satisfasse à une certaine condition $G(\lambda)=0$ indépendante de C; la solution $\varphi(x)$ correspondant à ces valeurs de λ est d'ailleurs indépendante de C.

Nous allons donner une nouvelle démonstration de ce théorème; elle mettra notamment en évidence que $\varphi(x)=\lim.\psi(x)$ est une véritable solution de l'équation (1) quand $G(\lambda)=0$ et elle nous permettra d'étudier, parallèlement au cas de $p=1$, le cas de p entier plus grand que un.

2. Supposons $p=1$ et considérons l'équation (1). Soit $\varphi(x)$ solution holomorphe quand $\alpha \leqq x \leqq \beta$. L'intégrale du second membre a un sens parfaitement défini. La recherche des fonctions $\varphi(x)$ holomorphes pour $x=0$ et satisfaisant à (1) est donc équivalente à la résolution du système

$$(3)\quad \begin{cases} (3)' & \psi(0)+\lambda\displaystyle\int_\alpha^\beta K(0,s)\,\varphi(s)\,ds=0, \\ (3)'' & \varphi(x)=\dfrac{\psi(x)-\varphi(0)}{x}+\lambda\displaystyle\int_\alpha^\beta \dfrac{K(x,s)-K(0,s)}{x}\,\varphi(s)\,ds. \end{cases}$$

obtenu en égalant séparément les termes en $\frac{1}{x}$ et les termes finis pour $x=0$. Or l'équation $(3)''$ est une équation de seconde espèce qui admet une solution $\varphi(x)$ holomorphe dans le domaine $\alpha \leqq x \leqq \beta$. En portant cette solution dans $(3)'$ on obtient une condition $\Gamma(\lambda)=0$ et le système (3) est équivalent au système

$$(4)\quad \begin{cases} \Gamma(\lambda)=0, \\ \varphi(x)=\dfrac{\psi(x)-\psi(0)}{x}+\lambda\displaystyle\int_\alpha^\beta \dfrac{K(x,s)-K(0,s)}{x}\,\varphi(s)\,ds. \end{cases}$$

Si λ annule la première équation (4), il existe donc une véritable solution $\varphi(x)$ de (1) donnée par la seconde équation (4) et cette solution sera holomorphe dans l'intervalle (α, β).

3. On montrerait de même que la recherche des fonctions $\psi(x)$ holo-

morphes pour $\alpha \leqq x \leqq \beta$ et satisfaisant à (2) est équivalente à la résolution du système

$$(5)\quad \begin{cases} \Gamma(\lambda, \varepsilon, \eta) = 0, \\ \chi(x) = \dfrac{\psi(x) - \varphi(0)}{x} + \lambda \displaystyle\int_{\alpha}^{-\varepsilon} \dfrac{K(x, s) - K(0, s)}{x} \chi(s)\, ds \\ \qquad + \lambda \displaystyle\int_{\eta}^{\beta} \dfrac{K(x, s) - K(0, s)}{x} \chi(s)\, ds \end{cases}$$

formé en partant de (2) comme (4) a été formé en partant de (1). De plus, en se reportant à la définition même de l'intégrale définie, il est facile d'établir que

$$(6)\qquad \lim \Gamma(\lambda, \varepsilon, \eta) = \Gamma(\lambda) \qquad \text{et} \qquad \lim \psi(x) = \varphi(x),$$

pour ε et η tendant vers zéro. Il résulte de ces remarques que les fonctions $\varphi(x)$ définies par (4) ne sont autres que les solutions holomorphes de (1) étudiées par M. E. Picard et la façon même dont nous avons obtenu le système (4) montre que $\Gamma(\lambda)$ et $\varphi(x)$ sont indépendants de ε et η.

4. On vérifiera d'ailleurs facilement que les conditions $\Gamma(\lambda) = 0$ et $G(\lambda) = 0$ sont équivalentes. Écrivons pour cela $K(x, 1) = K(0, 1) + x H(x, s)$ et désignons par $H(x, s, \lambda)$ la résolvante de $H(x, s)$ dans le champ $(\alpha - \beta)$ Employons la notation de M. E. Picard (Mémoire cité). L'égalité $\Gamma(\lambda) = 0$ peut s'écrire en multipliant les deux membres par la déterminante du noyau $H(x, s)$:

$$\psi(0) \sum_{0}^{\infty} \frac{(-\lambda)^n}{n!} \int_{\alpha}^{\beta} ds_1 \int_{\alpha}^{\beta} ds_2 \ldots \int_{\alpha}^{\beta} ds_n \frac{K\begin{pmatrix} s_1, s_2, \ldots, s_n \\ s_1, s_2, \ldots, s_n \end{pmatrix}}{s_1, s_2, \ldots, s_n} - \lambda \int_{\alpha}^{\beta} ds \frac{\psi(s)}{s}$$

$$\times \sum_{1}^{\infty} \frac{(-\lambda)^{n-1}}{(n-1)!} \int_{\alpha}^{\beta} ds_1 \int_{\alpha}^{\beta} ds_2 \ldots \int_{\alpha}^{\beta} ds_{n-1} \frac{K\begin{pmatrix} 0, s_1, s_2, \ldots, s_{n-1} \\ s, s_1, s_2, \ldots, s_{n-1} \end{pmatrix}}{s_1, s_2, \ldots, s_{n-1}} = 0,$$

soit encore

$$D(\lambda)\psi(0) - \lambda \int_{\alpha}^{-\varepsilon} \frac{D(0, y, \lambda)}{y} \psi(y)\, dy - \lambda \int_{\eta}^{\beta} \frac{D(0, y, \lambda)}{y} \psi(y)\, dy = 0,$$

pour ε et η tendant vers zéro, c'est-à-dire

$$G(\lambda) = 0. \qquad \text{C. Q. F. D.}$$

5. Supposons maintenant p entier plus grand que un. Existera-t-il

encore des valeurs de λ pour lesquelles l'équation (1) admettra des solutions $\varphi(x)$ holomorphes pour $\alpha \leqq x \leqq \beta$?

Posons :

$$(7)\quad \begin{cases} \psi(x) = a_0 + a_1 x + \ldots + a_{p-1} x^{p-1} + x^p f(x), \\ K(x,s) = b_0(s) + b_1(s) x + \ldots + b_{p-1}(s) x^{p-1} + x^p H(x,s). \end{cases}$$

Dans nos hypothèses, l'équation (1) est équivalente au système

$$(8)\quad \begin{cases} (8') \quad a_\theta + \lambda \int_\alpha^\beta b_\theta(s)\varphi(s)\,ds = 0 \qquad (\theta = 0, 1, 2, \ldots, \overline{p-1}), \\ (8'') \qquad \varphi(x) = f(x) + \lambda \int_\alpha^\beta H(x,s)\varphi(s)\,ds. \end{cases}$$

En résolvant (8)″ et portant dans les égalités (8)′ la valeur de $\varphi(x)$ ainsi obtenue, on formera les p conditions suivantes, qui sont distinctes, auxquelles doit satisfaire λ

$$(9)\quad \begin{cases} a_\theta + \lambda \int_\alpha^\beta \left[b_\theta(s) + \lambda \int_\alpha^\beta b_\theta(t)\,\mathcal{H}(t,s,\lambda)\,dt \right] f(s)\,ds = 0 \\ \qquad (\theta = 0, 1, 2, \ldots, \overline{p-1}), \end{cases}$$

Par suite il n'existera pas, en général, de valeur de λ répondant à la question.

6. On peut poser autrement le problème : p étant un entier supérieur ou égal à un et λ étant quelconque, former toutes les fonctions $\psi(x)$ telles qu'il existe une solution $\varphi(x)$ de l'équation (1) holomorphe dans l'intervalle $(\alpha - \beta)$. Les égalités (7) et (9) donnent immédiatement la réponse à cette question :

$$\psi(x) = x^p f(x) - \lambda \sum_{\theta=0}^{\theta=p-1} x^\theta \int_\alpha^\beta \left[b_\theta(s) + \lambda \int_\alpha^\beta b_\theta(t)\,\mathcal{H}(t,s,\lambda)\,dt \right] f(s)\,ds.$$

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur le complexe des moments vectoriels.* Note de M. V. **Jamet**, présentée par M. Appell.

Étant donné un complexe de droites, quadratique quant aux directions, il y a sur toute surface S un réseau de courbes dont toutes les tangentes font partie du complexe; ce réseau est défini par une équation différentielle, quadratique par rapport à dx et dy.

Mais on peut se proposer de déterminer la surface S de telle sorte que les courbes de ce réseau remplissent une condition donnée à l'avance, par exemple qu'elles soient conjuguées. Dans ce cas le problème se traduit par une équation aux dérivées partielles du second ordre. S'il s'agit, en particulier, du complexe dont toute droite porte, en un de ses points, le moment vectoriel d'un système de vecteurs donné, cette équation est la suivante :

$$q\frac{\partial}{\partial x}(px+qy)-p\frac{\partial}{\partial y}(px+qy)+k(r+t)=0;$$

j'ai démontré qu'elle est réductible à la forme

$$(\alpha-\beta)\frac{\partial^2\theta}{\partial\alpha\,\partial\beta}+\frac{\partial\theta}{\partial\alpha}-\frac{\partial\theta}{\partial\beta}=0.$$

et l'on connaît aisément l'intégrale générale de celle-ci.

L'intégration étant effectuée, on s'aperçoit que, sur les surfaces obtenues, la recherche des lignes asymptotiques est réductible aux quadratures.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Sur les équations canoniques des systèmes non holonomes.* Note de M. **Theodor Pöschl**, présentée par M. Appell.

Soient $q_1, q_2, \ldots, q_n$ les n vraies coordonnées d'un système et

$$(1)\qquad \omega_i=\alpha_{i1}\dot q_1+\alpha_{i2}\dot q_2+\ldots+\alpha_{in}\dot q_n \qquad (i=1,2,\ldots,n)$$

des combinaisons linéaires et non intégrables de leurs dérivations suivant le temps; la résolution des (1) par rapport aux $\dot q_i$ donne

$$(2)\qquad \dot q_i=\beta_{1i}\omega_1+\beta_{2i}\omega_2+\ldots+\beta_{ni}\omega_n \qquad (i=1,2,\ldots,n).$$

Nous posons formellement $\omega_i=\frac{d\vartheta_i}{dt}$ et regardons les ϑ_i, qui n'existent pas en réalité, comme quasi-coordonnées.

Les équations de mouvement de ce système, exprimées par les q_i et ω_i, résultent du principe d'Hamilton

$$(3)\qquad \mathrm{I}=\int_{t_1}^{t_2}(\mathrm{T}+\mathrm{U})\,dt=\min.,$$

en définissant les variations des ϑ suivant les équations (1). Nous obtenons

$$(4)\qquad \delta\mathrm{I}=\int\sum_i\left\{\left[\frac{\partial(\mathrm{T}+\mathrm{U})}{\partial\vartheta_i}\right]\partial\vartheta_i+\frac{\partial\mathrm{T}}{\partial\omega_i}\delta\frac{d\vartheta_i}{dt}\right\}dt=0,$$

où $\left(\frac{\partial f}{\partial \vartheta_i}\right)$ dénote la dérivation symbolique, c'est-à-dire $\sum_\nu \frac{\partial f}{\partial q_\nu}\beta_{i\nu}$. Mais il suit, selon (1) et (2),

$$\delta \frac{d\vartheta_i}{dt} = \frac{d}{dt}\delta\vartheta_i - \sum_{\mu\nu} g_{\mu\nu i}\,\delta\vartheta_\mu \frac{d\vartheta_\nu}{dt},$$

où

$$g_{\mu\nu i} = \sum_{rs}\left(\frac{\partial\alpha_{is}}{\partial q_r} - \frac{\partial\alpha_{ir}}{\partial q_s}\right)\beta_{\mu s}\beta_{\nu r}.$$

L'intégration par parties appliquée aux membres $\delta\frac{d\vartheta_i}{dt}$ dans (4) fournit alors évidemment les équations pour le système non holonome sous la forme de Lagrange-Euler (d'après M. G. Hamel)

$$(5)\qquad \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial\omega_i}\right) + \sum_{\mu\nu} g_{i\mu\nu}\,\omega_\mu \frac{\partial T}{\partial\omega_\nu} - \left[\frac{\partial(T+U)}{\partial\vartheta_i}\right] = 0.$$

Introduisons ici les nouvelles variables

$$p_i = \frac{\partial T}{\partial\omega_i},$$

exprimons T au moyen des q_i et p_i et posons

$$K = \Sigma p_i q'_i - T;$$

alors nous obtenons

$$-\left(\frac{\partial T}{\partial\vartheta_i}\right) = \left(\frac{\partial K}{\partial\vartheta_i}\right), \qquad \omega_i = \frac{\partial K}{\partial p_i},$$

en supposant K exprimé aussi à l'aide des q_i et des p_i. Les équations (5) deviennent

$$\frac{dp_i}{dt} + \sum_{\mu\nu} g_{i\mu\nu}\frac{\partial K}{\partial p_\mu}\frac{\partial T}{\partial\omega_\nu} = \left[\frac{\partial(K-U)}{\partial\vartheta_i}\right].$$

Soit enfin

$$H = K - U = \Sigma p_i q'_i - T - U = 2T - T - U = T - U;$$

il résulte la forme suivante des équations de mouvement, correspondant aux équations canoniques

$$(6)\qquad \left\{\begin{aligned} \omega_i &= \frac{\partial H}{\partial p_i},\\ \frac{dp_i}{dt} &= -\sum_{\mu\nu} g_{i\mu\nu}\frac{\partial H}{\partial p_\mu}\frac{\partial H}{\partial\omega_\nu} - \left(\frac{\partial H}{\partial\vartheta_i}\right). \end{aligned}\right.$$

Si les liaisons ne contiennent pas le temps, ces équations admettent l'intégrale des forces vives

$$H = h,$$

h étant une constante d'intégration; car il suit immédiatement, comme $g_{i\mu\nu} = - g_{\mu i\nu}$,

$$\frac{dH}{dt} = \sum_i \left[\left(\frac{\partial H}{\partial \mathfrak{S}_i} \right) \omega_i + \frac{\partial H}{\partial p_i} \frac{dp_i}{dt} \right] = 0.$$

Un développement avec quelques extensions et l'application des équations (6) à divers exemples sera donné dans un article détaillé.

HYDRODYNAMIQUE. — *Nouvelle méthode de mesure de la vitesse des fluides.* Note de M. **Z. Carrière**, présentée par M. Branly.

Les tubes de Pitot, les anémomètres et autres appareils pour mesurer la vitesse des fluides peuvent être rendus très sensibles, mais on ne sait relier leurs indications aux vitesses à mesurer. On les étalonne empiriquement. La méthode usuelle consiste à déplacer l'appareil avec une vitesse connue dans un milieu immobile. L'air n'étant jamais parfaitement calme, on corrige le résultat de l'action du vent supposé faible. Or, en 30 secondes, la vitesse du vent peut varier de $1^m,30$ à $2^m,90$ et sa direction tourner de 30° (voir pages 12 et 13 du *Bulletin de l'Inst. Aérotechn.*, fasc. II). Les corrections ne sont-elles pas illusoires? Sur quelle précision peut-on compter?

J'étudie l'écoulement des gaz et, en particulier, l'action d'un courant d'air sur un obstacle. La détermination des vitesses se fait commodément au moyen de tubes de Pitot, à la condition de les étalonner d'une manière incontestable. Je suis donc amené à déterminer la vitesse d'un courant d'air par une méthode purement cinématique.

Par un large orifice circulaire en mince paroi, un jet d'air vertical ascendant sort d'un réservoir de 1^{m^3} alimenté par un ventilateur. Par un tube de petit diamètre se terminant au voisinage du centre de l'orifice, s'échappe verticalement, dans l'axe du courant, un jet de vapeur d'eau sous faible pression. On envoie sur le jet un faisceau de lumière horizontal condensé par un cristallisoir plein d'eau. On observe dans une direction peu inclinée sur le faisceau incident. Le jet de vapeur vibre spontanément; sa masse stratifiée par les condensations et les dilatations successives prend

l'apparence d'un chapelet de petits nuages isolés qu'entraîne le courant d'air au fur et à mesure de leur formation. Invisibles individuellement à l'œil nu, les nuages se distinguent les uns des autres quand on les regarde dans un miroir tournant vertical. Leurs trajectoires apparentes sont vues sous forme de bandes brillantes inclinées, séparées par des intervalles obscurs. Ces bandes sont d'autant plus verticales que le courant d'air est plus rapide et la rotation du miroir plus lente.

Soit φ l'angle des bandes avec l'horizontale, V la vitesse des nuages, n le nombre de tours du miroir par seconde, d la distance du miroir au courant. On a

$$V = 4\pi n d \operatorname{tang} \varphi.$$

La masse de vapeur étant négligeable devant la masse d'air qui l'entraîne, on peut dire qu'après quelques centimètres de parcours V mesure la vitesse même du courant d'air.

La vitesse propre de la vapeur à l'échappement ne doit être ni trop grande ni trop faible; la vitesse optima est la vitesse même du courant d'air qu'elle doit mesurer. Cette condition limite à quelques centimètres d'eau la pression de la vapeur; un ballon de verre suffit à la fournir. Ordinairement la vapeur n'est pas sèche, les gouttelettes entraînées ont des trajectoires apparentes plus horizontales et plus brillantes que la vapeur. Il n'y a pas de confusion possible.

Si le courant d'air étudié n'est pas à filets parallèles, on limite par un écran un cylindre assez mince pour que le parallélisme y existe sensiblement. Il est avantageux d'observer dans la section contractée.

Pour déterminer l'angle φ, on observe avec un viseur dont on rend le réticule parallèle aux bandes. Réfléchies dans les faces successives du miroir (octogone) les bandes se succèdent sans se superposer. Si, dans les conditions actuelles, il est difficile d'apprécier le parallélisme à 10 minutes près, l'appréciation à 30 minutes près est toujours réalisable. Elle permet la mesure de V à 1,5 pour 100 près, pour un angle φ de 45°. Cette précision n'a rien d'extraordinaire; au moins sait-on ce qu'on mesure.

La rotation uniforme du miroir est obtenue et sa vitesse déterminée très facilement s'il est monté sur l'appareil de MM. Bouasse et Sarda décrit au *Compte rendu de la* 39ᵉ *Session de l'Association française pour l'Avancement des Sciences*, pages 214 et suivantes. L'appareil robuste, bon marché et pratiquement indéréglable est un tournebroche dont le mouvement est uniformisé par synchronisation de son arbre rapide avec une lame vibrante.

Les procédés employés pour provoquer des vibrations et partant une stratification systématiques du jet de vapeur semblent inefficaces, en tout

cas superflus. En effet, l'écoulement des gaz par un orifice suffit à produire un son (faible) dont la hauteur est indépendante des dimensions de l'orifice et proportionnelle à la vitesse d'écoulement ([1]). Conséquemment le jet vibre. Le courant d'air qui l'entoure favorise peut-être la vibration; en tout cas, il est nécessaire pour espacer les nuages du train qui, à son défaut, ne sont pas séparés par le miroir.

En principe, la méthode que j'expose ne diffère pas de celle indiquée au Tome II, 2e Partie, du *Cours de Physique* de M. Bouasse. On rend visible le déplacement d'une masse d'air en y incorporant de petits projectiles diffusant la lumière. Des cubes de feutre, des balles en moelle de topinambour ont donné quelques résultats intéressants. Mais il est difficile d'entretenir un train de ces projectiles assez long pour permettre un pointage précis. De plus, ils sont notablement plus denses que l'air; il faut ajouter aux vitesses qu'ils indiquent leur vitesse propre de chute en air calme. J'obtenais cette vitesse par la méthode du miroir tournant, évidemment applicable aux solides comme aux fluides.

De fines gouttelettes projetées par un pulvérisateur donnent des trajectoires apparentes notablement plus horizontales que la vapeur d'eau. Il semble que le courant d'air intervient pour condenser plusieurs gouttelettes en une seule au sortir du pulvérisateur.

CHRONOMÉTRIE. — *Sur les courbes terminales du spiral droit.* Note de M. **Marcel Moulin**.

I. Dans un Mémoire ([2]) aujourd'hui classique, Phillips a montré que les oscillations du balancier des chronomètres sont isochrones : 1° si le spiral se déforme uniformément dans toute sa longueur pendant son mouvement; ou 2° si le centre de gravité du spiral est sur l'axe et s'il y reste. Il a montré également qu'on peut satisfaire à ces conditions avec un spiral cylindrique dont les extrémités ont une forme convenable.

Quand un tel spiral est déformé uniformément par un couple, il reste cylindrique, mais son rayon r n'est plus le même. Pour qu'il reste centré, il faut que les courbes terminales AC, A′C′ aient une forme telle, qu'en subissant la même déformation uniforme, elles maintiennent sur l'axe les

---

([1]) Masson, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 3e série, t. XL, p. 333.

([2]) *Mémoire sur le spiral réglant des chronomètres et des montres.*

centres de courbure aux points C et C'. En posant ainsi le problème, Phillips a trouvé que le centre de gravité des courbes terminales doit avoir la position définie ci-dessous :

Considérons deux axes, l'un Oy passant par le point C, l'autre Ox, perpendiculaire au premier et dirigé vers la courbe terminale. Les coordonnées x_g et y_g du centre de gravité de la courbe terminale de longueur l doivent être telles que

$$lx_g = r^2, \qquad ly_g = 0. \tag{1}$$

Pour obtenir ces relations, Phillips suppose que $\frac{\alpha l}{L}$ est assez petit pour que $\frac{\alpha^2 l^2}{L^2}$ soit négligeable devant l'unité (L étant la longueur totale du spiral, α l'élongation).

On démontre facilement que le centre de gravité de l'ensemble du spiral et des courbes est sur l'axe et qu'il y reste pendant la déformation.

II. Dans ce même Mémoire, Phillips aborde le cas du spiral plat ([1]). Il étend simplement son calcul au spiral tout entier, et il trouve que le centre de gravité doit être initialement sur l'axe. Mais ce calcul ne s'applique qu'au cas où α est assez petit pour qu'on puisse négliger α^2 devant l'unité, car $l = L$. Or, en pratique, α est voisin de quatre radians.

III. Si Phillips n'a rien obtenu dans ce cas, c'est que son raisonnement s'applique à un spiral absolument quelconque, même non concentrique. Pour aller plus loin, il faut introduire dans le calcul une condition tenant compte de la forme géométrique du spiral plat et de sa déformation, comme l'a fait Phillips pour le spiral cylindrique.

Il suffit donc, pour résoudre le problème, d'assigner au centre de courbure du point C la position que j'ai indiquée dans une récente Note ([2]). Le point C est ici sur la partie régulière des spires en forme de développante et l'axe des y, parallèle au rayon de courbure en ce point (*fig.* 1). Considérons d'abord la courbe extérieure ([3]); le centre de courbure O' au point C

([1]) *Loc. cit.*, p. 34.

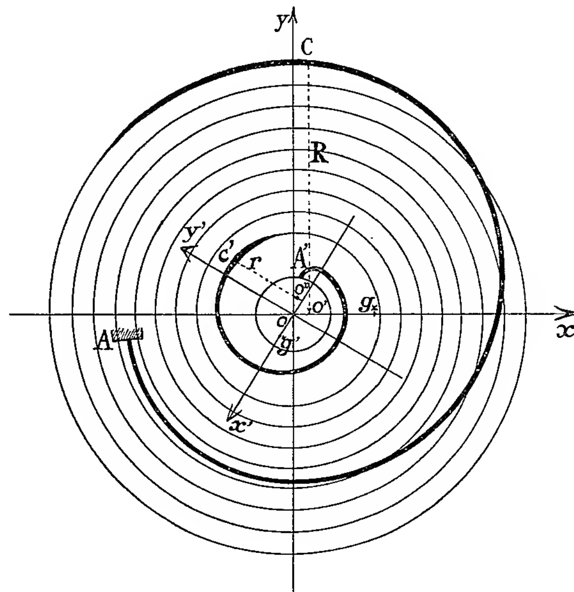
([2]) *Comptes rendus*, 19 mai 1913, p. 1518.

([3]) Cette courbe est ramenée vers le centre dans un plan parallèle à celui du spiral et situé un peu au-dessus (spiral Bréguet). L'extrémité A de la courbe extérieure est supposée encastrée.

a pour coordonnées

$$\xi_c = a - \frac{3\,a\mathrm{R}}{\mathrm{L}}\alpha, \qquad \eta_c = \frac{3\,a^2}{\mathrm{L}}\alpha$$

($2\pi a$ = distance de deux spires consécutives, R = rayon de la spire extérieure).



En introduisant ces coordonnées dans le calcul, on trouve

(2) $$lx_g = \mathrm{R}^2 - 3\,a^2, \qquad ly_g = 3\,a\mathrm{R};$$

$3\,a^2$ et $3\,a\mathrm{R}$ sont d'ailleurs extrêmement petits.

Pour la courbe intérieure, l'axe Ox' étant dirigé comme ci-dessus du côté de la courbe, on a

$$\xi'_c = -a + \frac{3\,ar}{\mathrm{L}}\alpha, \qquad \eta'_c = \frac{3\,a^2}{\mathrm{L}}\alpha$$

et

(3) $$l'x'_g - r^2 - 3\,a^2, \qquad l'y'_g = -3\,ar.$$

Ces relations ne sont pas modifiées d'une manière appréciable par la déformation.

IV. Il est facile de voir que le centre de gravité du spiral plat muni de ces deux courbes terminales est sur l'axe et qu'il y reste. Il suffit pour cela

de calculer la position du centre de gravité de la développante déformée dont j'ai donné précédemment l'équation (4). On trouve que la courbe extérieure amène le centre de gravité très près de l'axe, tandis que la courbe intérieure remplace les spires centrales qui ont été supprimées.

Il est tout à fait remarquable que les courbes qui procurent la déformation uniforme et le développement concentrique maintiennent le centre de gravité sur l'axe.

V. Pour terminer, je dois ajouter que J. Grossmann [1] est arrivé à des formules analogues en écrivant que le centre de gravité du spiral (spirale d'Archimède) est sur l'axe, c'est-à-dire en appliquant la condition trouvée par Phillips. Mais il n'a pas montré qu'il s'y maintient, de sorte que son calcul ne résout aucunement le problème quand α n'est pas très petit, comme c'est toujours le cas en pratique.

PHYSIQUE. — *L'aimantation des cristaux et l'hypothèse du champ moléculaire.* Note [2] de M. **Pierre Weiss**, présentée par M. J. Violle.

I. Dans une Note précédente [3], j'ai indiqué les conséquences de l'hypothèse d'une énergie w d'orientation des moments moléculaires par rapport au réseau d'un cristal. Cette hypothèse est très générale, mais elle n'épuise pas la question. Les aimants moléculaires des cristaux ferromagnétiques peuvent posséder une énergie potentielle de cette espèce, mais ils ont nécessairement un autre type d'énergie potentielle s'exprimant par l'orientation des aimants voisins les uns par rapport aux autres. Elle est donnée par

$$H_m = a.I \tag{1}$$

où H_m représente le *champ moléculaire*, proportionnel à l'intensité d'aimantation I et dirigé comme elle, a est la constante du champ moléculaire. Je me propose d'examiner l'influence de l'existence simultanée de ces deux sortes d'énergie potentielle.

Pour une substance au-dessus du point de Curie, considérée à une température donnée, le champ extérieur H et le champ moléculaire H_m sont

(1) J. et H. Grossmann, *Horlogerie théorique*, t. II, p. 202.
(2) Présentée dans la séance du 26 mai 1913.
(3) *Comptes rendus*, n° 22, 1913, p. 1674.

proportionnels entre eux comme étant l'un et l'autre proportionnels à l'intensité d'aimantation. Il suffit donc de remplacer dans (4) (*loc. cit.*) le champ extérieur par le champ total et l'on a pour une substance cristallisée, isotrope en apparence par l'orientation confuse des fragments de cristaux,

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{m_0}^2}{3\,\mathrm{RT}}(\mathrm{H} + \mathrm{H}_m)$$

qui devient, en conservant à C_m sa signification de constante de Curie de la substance ramenée à l'état de gaz parfait et en appelant Θ la température du point de Curie et χ_m le coefficient d'aimantation moléculaire :

(2) $$C_m = \chi_m(\mathrm{T} - \Theta).$$

Il était donc légitime de traiter les substances au-dessus du point de Curie, isotropes par compensation, comme s'il n'y avait pas d'énergie potentielle d'orientation W des aimants moléculaires par rapport au réseau.

II. L'hypothèse du champ moléculaire a été mise sous la forme simple, donnée par l'équation (1), en vue des substances isotropes. Il se peut qu'elle soit insuffisante pour les cristaux et il semble naturel de la généraliser en introduisant trois coefficients différents a_1, a_2, a_3 pour trois directions principales rectangulaires. Alors, dans le cas général, même la moyenne des coefficients d'orientation dans trois directions rectangulaires ne suit plus la loi exprimée par l'équation (2).

Mais la simplification se retrouve si la substance satisfait, abstraction faite du champ moléculaire, aux conditions énoncées précédemment (*loc. cit.*) pour qu'elle suive la loi de Curie dans chacune des directions principales. On peut alors, pour chacune de ces directions, reproduire le calcul qui conduit à la formule (2) et l'on a

(3) $$C_1 = \chi_1(\mathrm{T} - \Theta_1); \qquad C_2 = \chi_2(\mathrm{T} - \Theta_2); \qquad C_3 = \chi_3(\mathrm{T} - \Theta_3)$$

avec trois points de Curie et trois constantes de Curie, en général différents. Les formules (3) permettent donc de déduire des observations les constantes de Curie qu'aurait la substance dans les trois directions principales si le champ moléculaire n'existait pas. En prenant leur moyenne, on obtient la constante de Curie de la substance ramenée à l'état de gaz parfait.

OPTIQUE. — *Strioscopes interférentiels et interféromètres simplifiés à circuits inverses. Vibrations stationnaires sur une argenture transparente.* Note de M. G. SAGNAC, présentée par M. Lippmann.

STRIOSCOPE ET INTERFÉROMÈTRE AUTOCOLLIMATEURS A CHAMP BRILLANT. — J'ai décrit en 1911 (*Comptes rendus*, t. 153, p. 90; *Le Radium*, t. VIII, p. 243) et en 1913 (*Journ. de Phys.*, t. III, p. 84 et 292) un dispositif interférentiel qui montre sur un champ sombre les images brillantes de très légers troubles d'homogénéité de l'atmosphère ou d'un milieu quelconque et constitue en même temps un excellent *interféromètre à faisceaux juxtaposés*, à circuits optiques inverses quadrangulaires et à frange centrale sombre. Si l'on renonce à une partie de la sensibilité pour les troubles qui produisent des différences de marche d'une fraction de longueur d'onde, on simplifie le réglage et l'on utilise beaucoup mieux la lumière de la source en observant, au lieu du champ sombre de la lunette L (*loc. cit., fig.* 2 et 4), le champ brillant de la lumière de retour.

La vibration TR, transmise au départ et réfléchie au retour du circuit par la lame d'air du double prisme, et la vibration RT, réfléchie au départ et transmise au retour dans les mêmes conditions, se superposent dans la lumière de retour avec des amplitudes qui sont et demeurent égales : 1° pour chacun des deux azimuts principaux de polarisation; 2° pour toute épaisseur uniforme de la lame d'air du double prisme; 3° pour toutes les incidences sur la lame d'air du double prisme et pour toutes les radiations à la fois.

On supprime donc le polariseur et l'on se contente de choisir approximativement une incidence voisine de celle qui donne le maximum de luminosité. On règle la superposition exacte des faisceaux inverses du circuit. On réduit ensuite ces faisceaux *superposés* à leurs moitiés inverses *juxtaposées* en couvrant la moitié de l'objectif du collimateur C avec un prisme à réflexion totale; le faisceau de retour, d'amplitude 2TR, revient juxtaposé au faisceau incident sur le prisme à réflexion totale qui le rejette latéralement dans une seconde lunette C′ où l'on observe des franges à l'infini.

Cet interféromètre à frange centrale blanche et à faisceaux juxtaposés est d'un réglage plus sûr que l'interféromètre à glaces épaisses de Jamin; il est plus simple : le centre de la frange centrale blanche observée au foyer

principal de la lunette correspond rigoureusement à la différence de marche zéro. Il utilise bien la lumière de la source et l'on peut, le réglage fait, ouvrir largement le diaphragme focal du collimateur.

On transforme l'interféromètre en *strioscope* en élargissant la frange centrale en un champ uniformément brillant, ce qui n'exige nullement des surfaces interférentielles parfaitement planes. Sur l'un des deux faisceaux T ou R on produit les troubles étudiés (air tiède des doigts de la main, jet gazeux, liquide hétérogène d'une cuve de verre à faces parallèles, etc.). Dans le plan conjugué par rapport à l'objectif C', se projette une belle image de la région troublée, sombre, ou dessinée par des franges ou plages colorées, suivant les différences de marche correspondantes, d'après la série des couleurs d'interférence à centre brillant. L'instrument convient très bien à la *projection*, surtout si les trois réflexions du circuit sont des réflexions totales. Il est avantageux de concentrer la lumière de la source large sur la région troublée qu'on projette.

En sacrifiant une partie de la luminosité, on simplifie encore les deux instruments précédents en remplaçant le double prisme à lame d'air par une argenture uniforme et transparente déposée sur l'une des faces d'une glace épaisse de verre, empruntée à un interféromètre à glaces épaisses de Jamin, l'autre face restant nue. Ici les franges de l'interféromètre se sont montrées ordinairement localisées dans le plan conjugué du milieu du périmètre du circuit optique.

Vibrations stationnaires sur une argenture transparente. — Dans l'interféromètre précédent, l'argenture transparente donne un second système de franges à centre blanc dans la lunette L où les phases s'accordent approximativement (*Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 1346). Sur la moitié protégée par le prisme à réflexion totale contre la lumière incidente, cette argenture montre par diffusion en tous sens des franges complémentaires de celles de la lunette L; le centre d'interférence y est sombre. On voit la frange centrale sombre verticale située au milieu de l'argenture, au bord commun du faisceau incident et des faisceaux de retour T et R, s'élargir et envahir toute la surface de l'argenture au moment précis où, par un léger mouvement de vis, l'on élargit les franges centrales blanches des deux lunettes L et C' en deux champs brillants uniformes. L'argenture mince, abordée sur ses deux faces opposées par les deux flux d'énergie lumineuse T et R, qui s'y transmettent et s'y réfléchissent pour donner les deux champs très lumineux de L et de C', est alors, sur toute son étendue (10^{cm^2} ou 20^{cm^2}), une

surface nodale d'interférence pour le vecteur lumineux de Fresnel, c'est-à-dire pour le vecteur électrique de la théorie électromagnétique.

La couche d'argent, de quelques centièmes seulement de longueur d'onde d'épaisseur, en même temps qu'elle saisit sur place la vibration lumineuse stationnaire, permettra peut-être l'étude *simultanée* de l'*effet photoélectrique* de Hertz et de la variation de conductibilité liée à l'échauffement et à l'*absorption de résonance*. Il sera intéressant de déterminer ainsi dans quelle mesure le départ des électrons est corrélatif de l'absorption de résonance ou de la diffusion de lumière visible.

Strioscope a champs brillant et sombre juxtaposés. — En effaçant l'argenture sur la moitié de la surface jusqu'à une ligne verticale et éclairant la moitié argentée et la moitié non argentée simultanément, on observe *dans la lunette* L, pour une épaisseur suffisante de l'argenture, un champ brillant et un champ sombre juxtaposés donnant d'une région troublée deux images simultanées géométriquement symétriques par rapport à la ligne de séparation et d'aspects complémentaires; par exemple, une mince lame plongée dans un liquide a donné une image jaune du premier ordre sur le fond sombre et une image symétrique colorée de violet sensible sur le fond brillant; une aile de hanneton, incolore, plongée dans l'alcool, apparaît ainsi doublée, comme un beau papillon qui serait hémimorphe pour les couleurs. Le parallélisme et la polarisation de la lumière sont ici utiles.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Bromuration de quelques cétones et de quelques alcools secondaires hydroaromatiques.* Note de MM. F. **Bodroux** et F. **Taboury**, présentée par M. A. Haller.

Dans une précédente Communication ([1]) nous avons montré que la bromuration, en solution dans le tétrachlorure de carbone, de la cyclohexanone et du cyclohexanol, fournit le même composé, une *tétrabromocyclohexanone*. Ce résultat nous a engagés à effectuer, dans les mêmes conditions, la bromuration de quelques homologues de cette cétone et de cet alcool.

Le mode opératoire a été le suivant :

Dans 80g de brome dissous dans 100g de tétrachlorure de carbone, on fait tomber goutte à goutte et en refroidissant une solution de 10g de cétone ou d'alcool dans 100g de CCl^4. Cette opération effectuée, on abandonne le mélange au repos pendant 6 heures, puis on fait évaporer dans un courant d'air le tétrachlorure de carbone et l'excès de brome; le résidu est purifié par cristallisation dans un liquide convenable.

([1]) *Comptes rendus*, t. 154, p. 1509.

Voici les résultats que nous avons obtenus :

La *méthylcyclohexanone*-1.2 fournit, en petite quantité, un mélange de *tribromométhylcyclohexanones* qu'il est impossible de séparer les unes des autres et une *tétrabromométhylcyclohexanone* cristallisant dans l'alcool en petites aiguilles blanches, fusibles entre 105° et 107°.

Le *méthylcyclohexanol*-1.2 donne, avec un mauvais rendement, un mélange de *tribromométhylcyclohexanones*.

La *méthylcyclohexanone*-1.3 se transforme presque quantitativement en une *tribromométhylcyclohexanone*, liquide sirupeux, qui se solidifie lentement. Ce corps est plus ou moins soluble dans les liquides organiques et se dépose seulement par évaporation de ceux-ci; il est, par suite, très difficile à purifier et il fond entre 55° et 58°.

La *méthylcyclohexanone*-1.4 fournit un *dérivé tétrabromé*, cristallisant dans le tétrachlorure de carbone en aiguilles blanches, fusibles à 79°. Le même composé est obtenu en partant du *méthylcyclohexanol*-1.4.

La *diméthyl*-1.3-*cyclohexanone*-4 donne naissance à un *dérivé tétrabromé*, cristallisant dans l'alcool dilué en petits prismes blancs, fusibles à 62°-63°.

Les dérivés bromés des homologues de la cyclohexanone, que nous avons avons obtenus, sont peu stables. A une température un peu supérieure à leur point de fusion, ils se décomposent en brome, acide bromhydrique et phénols bromés. La même transformation se produit lentement, sous l'influence de la lumière, à la température ordinaire.

MINÉRALOGIE. — *Sur des coquilles fossiles en inclusions dans des cristaux de gypse limpide de l'Oligocène de Narbonne.* Note de M. J. **Durand**, présentée par M. A. Lacroix.

La formation oligocène de la région de Narbonne (Aude) renferme de nombreux dépôts de gypse : on y trouve des masses importantes de gypse saccharoïde, exploité pour la fabrication du plâtre, ainsi que des cristaux isolés de gypse limpide. Les fossiles sont assez répandus dans ces diverses assises : coquilles d'eau saumâtre (*Potamides*), d'eau douce (*Lymnœa*, *Planorbis*) ou terrestres (*Helix*); le gisement d'Armissan est classique pour ses belles empreintes de plantes et de poissons. Tous ces fossiles ont été rencontrés, jusqu'ici, dans des marnes ou dans des calcaires plus ou moins marneux.

En clivant les cristaux de gypse lenticulaires, dont j'ai parlé plus haut,

et qui se trouvent dans des marnes, j'ai observé que certains d'entre eux renferment de nombreux fossiles de gastropodes, qui paraissent se rapporter tous au genre *Potamides*. Ces fossiles sont très nets, parfaitement isolés des inclusions marneuses que renferment les mêmes cristaux. On peut les voir par transparence et sous divers aspects, car ils présentent toutes les orientations possibles par rapport au plan du clivage principal g^1 (010) du gypse.

Si l'on clive le cristal pour essayer d'isoler ces fossiles, on reconnaît que, dans la plupart des cas, l'intérieur de la coquille est rempli par le gypse limpide, la coquille elle-même étant réduite, semble-t-il, à la trace de sa pellicule chitineuse. Dans certains échantillons, la coquille est vide ou contient un liquide aqueux, que je n'ai pu examiner encore. Enfin, d'autres exemplaires sont remplis de marne friable, moulée dans la cavité du fossile. J'ajouterai que je n'ai pas retrouvé ces fossiles dans les marnes contenant les cristaux fossilifères; leur bon état de conservation et la connaissance précise de leur niveau permettront, sans aucun doute, de les déterminer ultérieurement avec certitude.

On n'avait pas mentionné jusqu'ici, à ma connaissance, de semblables inclusions de fossiles dans des *cristaux* de gypse; ce fait, en raison de sa rareté et de l'intérêt qu'il présente pour la théorie de la formation de certains gypses, m'a paru digne d'être signalé. Plusieurs exemplaires de ces cristaux à fossiles inclus ont été offerts à la collection minéralogique du Muséum national d'Histoire naturelle.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Recherches chimiques sur les graines du cacaoyer.* Note de M. **L. Reutter**, présentée par M. A. Haller.

Schweizer (1) présumant que les graines fraîches du cacao renferment une combinaison chimique dédoublable en théobromine, en rouge de cacao et en glucose, nous nous sommes donné pour tâche de l'isoler sous forme cristalline.

Ayant pulvérisé 1^{kg} de graines de cacao préalablement soumises pendant 10 minutes, à l'action de la vapeur d'eau à 110° et les ayant déshuilées, nous obtenons par extraction à l'aide d'alcool méthylique étendu et chaud, une solution rouge violacée que nous soumettons à la cristallisation spontanée. Il se dépose de petits cristaux microscopiques blancs, rectangulaires

(1) *Pharmaz. Zeitsch.*, 1898, p. 589.

à extrémités aciculées, solubles dans l'eau. Nous les purifions en les traitant par de l'éther de pétrole, de l'alcool méthylique froid et par recristallisation.

a. Ces cristaux fondant entre 184° et 185° donnent, avec de l'eau bouillante, des solutions neutres devenant légèrement brunâtres à l'air et rosées par addition d'acides. Leurs solutions ne font pas dévier le champ optique du polarimètre, preuve qu'elles ne renferment pas de sucre. Elles contiennent de la théobromine et se précipitent en un dépôt jaune brunâtre par le perchlorure de fer, en un dépôt blanc par le sulfate ferreux, blanc par le réactif de Carpène, gris par la solution de gomme arabique et jaune par le bichromate de potasse.

Ces cristaux soumis à l'analyse élémentaire donnent des chiffres correspondant à la formule $C^{16}H^{20}N^{8}O^{6}$.

Ces cristaux sont dénommés *cacaorine*.

Par l'hydrolyse ces cristaux donnent de la théobromine et un petit précipité rouge brunâtre.

Les cristaux blancs de théobromine se dissolvent sans coloration dans l'acide nitrique et dans l'acide sulfurique, et donnent toutes les réactions spécifiques à cet alcaloïde.

b. Au-dessus de ces cristaux surnage un liquide rouge violacé qui, concentré dans le vide, se dépose au fond du récipient sous forme de paillettes. Nous dénommons ce corps, qui est d'une belle couleur rouge violacé, *rouge de cacao*. Il donne, une fois pulvérisé, une poudre inodore, rouge sang légèrement violacé, qui s'oxyde lentement à l'air en devenant brunâtre.

Ce produit se dissout dans l'eau, dans l'alcool méthylique, dans l'alcool étendu, dans l'eau alcaline qu'il colore en jaune brunâtre et dans l'eau acidulée qu'il colore en rouge vif.

Ces solutions aqueuses, légèrement acides, additionnées d'une goutte de perchlorure de fer, passent au rouge brunâtre et déposent un petit précipité jaune brunâtre.

Elles se colorent en rouge sang par addition d'acide picrique, en vert par celle d'acétate de cuivre, en violet par celle d'acétate de zinc ammoniacal qui précipite ensuite un petit dépôt grisâtre.

Elles réduisent la solution de Fehling, mais ne font pas dévier le champ optique du polarimètre, preuve qu'elles ne renferment pas de sucre libre. Elles réduisent la solution de permanganate de potasse et se précipitent en un dépôt blanc par addition d'une solution aqueuse de gélatine, en un dépôt blanc par celle de mucilage, en un dépôt brunâtre par celle d'acétate de cuivre, blanc par celle de sulfate ferreux qui, à l'air et à la chaleur, prend ainsi que la solution une teinte bleutée, en un dépôt gris bleuté par celle d'acétate de plomb basique, jaune grisâtre par celle d'acétate de plomb neutre, jaune brunâtre par celle de bichromate de potasse chaud.

Hydrolyse de ce colorant. — $1^{g},95$ de ce colorant additionné de 200^{cm^3} d'eau légèrement acidulée par l'acide sulfurique se dissout en dégageant de l'acide carbonique et en donnant un petit précipité brunâtre.

Cette solution aqueuse, examinée au polarimètre, permet de constater

une déviation dextrogyre de 4 minutes (dans un tube de 10^{cm} de long à une température de $+16^{o}$), preuve qu'il s'est formé par l'hydrolyse du sucre dextrogyre.

Ce colorant, soumis à l'analyse élémentaire, nous a donné des nombres correspondant à la formule $C^{40}H^{60}NO^{27}$.

Ce corps est dénommé *rouge de cacao*.

c. Nous avons dit que par l'hydrolyse de ce colorant nous obtenions une solution aqueuse renfermant du sucre et un précipité brunâtre, l'eau étant toutefois colorée en jaune brunâtre.

Cette solution aqueuse fournit un précipité brun verdâtre par addition de perchlorure de fer, jaune brunâtre par celle de bichromate de potasse, blanc par celle d'extrait de saturne (le liquide surnageant au-dessus de ce précipité se colorant en rose), rouge brunâtre par celle d'ammoniaque, brun par celle de nitrate d'argent ammoniacal, blanc par celle d'eau de chaux.

Soumis à l'analyse élémentaire, ce produit brun a donné des chiffres qui conduisent à la formule $C^{76}H^{78}NO^{34}$.

Ce corps est dénommé *brun de cacao*.

PHYSIQUE VÉGÉTALE. — *Sur l'action de la radiation dans un mélange de substances colorantes*. Note de M. **P.-A. Dangeard**, présentée par M. L. Mangin.

J'ai montré précédemment que le spectre de décoloration de la chlorophylle était semblable à son spectre d'absorption dans la partie la plus réfrangible du spectre : autrement dit, les rayons absorbés agissent seuls sur la décoloration de la chlorophylle. Pour le démontrer, j'incorporais cette substance à du collodion qui était ensuite étendu sur une plaque, et cette plaque était soumise à l'action des diverses radiations du spectre.

En mélangeant cette chlorophylle avec diverses substances colorantes, et en particulier avec le pinaverdol qui est d'une belle couleur rouge, j'ai observé une réaction photochimique des plus intéressantes.

S'il s'agit d'un mélange de chlorophylle et de pinaverdol, celui-ci se trouve rapidement décoloré en face de la bande I de la chlorophylle, c'est-à-dire par les radiations de longueur d'onde λ 670-650.

Le pinaverdol est donc transformé et finalement détruit par l'énergie absorbée par la chlorophylle et non par la sienne propre.

Pour rendre l'expérience tout à fait démonstrative, une première moitié de la plaque est recouverte par le mélange chlorophylle et pinaverdol; le collodion qui recouvre la seconde moitié ne renferme que du pinaverdol.

Dans la première moitié, le pinaverdol se trouve détruit d'abord en face la bande d'absorption de la chlorophylle et, un peu plus tard, en face sa propre bande d'absorption; dans la seconde moitié, le pinaverdol ne subit aucune modification, sauf en face son spectre propre d'absorption.

Il était tout indiqué de répéter cette expérience en remplaçant la chlorophylle par d'autres pigments végétaux et d'autres substances colorantes.

Avec le pigment des Sulfuraires, en mélange avec le pinaverdol, ce sont les radiations du spectre d'absorption de la Bactériochlorine λ 790-780 et λ 820-800 qui décolorent rapidement le pinaverdol; celui-ci se trouve donc détruit par des radiations obscures du spectre qui, dans les conditions ordinaires, sont sans action sur lui.

Mes expériences ont porté, avec le même succès, sur d'autres mélanges de substances colorantes : pinacyanol, pinachrome, vert d'iode, vert de méthyle, etc.; des radiations complètement inactives sur une substance colorante isolée sont devenues actives par suite de la présence d'un second pigment.

Revenons maintenant à l'expérience de décoloration de la chlorophylle : nous la comprendrons mieux.

La chlorophylle, telle qu'elle est extraite de la plante par l'alcool, est en mélange avec plusieurs pigments jaunes, parmi lesquels se trouvent en proportion variable la carotine et la xanthophylle; comme dans le spectre, la décoloration est complète en face les bandes I, II, III, IV; il en résulte que la xanthophylle et les autres pigments jaunes ont été *transformés et détruits par l'énergie absorbée par la chlorophylle.*

Le phénomène s'applique sans doute; non seulement aux pigments qui accompagnent la chlorophylle, mais aussi aux diverses substances incluses dans les chloroleucites de la plante ou en contact avec eux.

Comme l'action de la chlorophylle peut être observée en dehors de la plante, il sera probablement possible de provoquer et de suivre ces diverses transformations.

La sensibilisation des plaques photographiques se présente elle-même, ainsi qu'il résulte des anciennes expériences de Voget et de Becquerel, comme un cas particulier de ce mode d'utilisation de l'énergie par l'intermédiaire d'une substance absorbant de l'énergie radiante au profit de celles qui l'accompagnent ou sont en contact avec elles.

ANATOMIE. — *Recherches sur le plexus cardiaque et sur l'innervation de l'aorte.* Note de M. Y. **Manouélian**, présentée par M. Roux.

A la suite de nos recherches sur la pathogénie des altérations artério-scléreuses, nous avons entrepris l'étude histologique du système nerveux à l'état normal et pathologique. Dans cette Note, nous relatons nos résultats sur l'innervation de la crosse de l'aorte du chien normal.

Pour cette étude, nous nous sommes servi de la méthode d'imprégnation au nitrate d'argent, précédée de la fixation des pièces par l'alcool ammoniacal.

Ce qui nous a frappé d'abord, c'est l'existence de nombreux centres nerveux dans le plexus cardiaque postérieur. Comme on le sait, ce plexus, situé derrière l'aorte et en avant de la trachée, est composé de filets nerveux richement anastomosés. Or nous y avons observé des ganglions nerveux contenant des cellules à type sympathique, ganglions dont la plupart sont microscopiques; on en trouve pourtant qui sont visibles à l'œil nu sur les coupes imprégnées, mais ils sont toujours fort petits.

Leur nombre est plus ou moins considérable suivant les régions; sur une seule coupe nous en avons compté jusqu'à sept et parfois même davantage.

De plus, il n'est pas rare de rencontrer dans le tissu interstitiel du plexus, des cellules nerveuses solitaires. On peut en rencontrer aussi dans les troncs nerveux où, maintes fois, on constate l'existence de ganglions nerveux minuscules.

On sait que le plexus cardiaque postérieur est formé de la plupart des nerfs cardiaques sympathiques ainsi que de la plupart des nerfs cardiaques du pneumogastrique. Étant donnée la part prépondérante que prend ce plexus (appelé à juste titre grand plexus cardiaque par Haller) à la constitution du plexus cardiaque, et, consécutivement, à l'innervation du cœur et des gros vaisseaux, l'existence de nombreux centres nerveux dans son intérieur nous paraît un fait très important.

Ce qu'il y a de remarquable encore, c'est la présence de cellules nerveuses dans le tissu propre de l'aorte, en pleine mésartère.

Il s'agit de cellules solitaires, à type sympathique, siégeant dans le tissu conjonctif de la mésartère. Dans nos imprégnations elles sont en nombre restreint.

Terminaisons nerveuses au niveau des fibres élastiques et des cellules musculaires lisses. — De calibre variable et plus ou moins onduleuses, les fibres

nerveuses quittent le tissu conjonctif de la mésartère et se dirigent vers les fibres élastiques et les cellules musculaires lisses; après un certain parcours, elles se terminent à leur niveau soit par un renflement qui peut affecter la forme d'un bouton, soit par une extrémité plus ou moins effilée.

Au niveau des cellules musculaires lisses, il existe des arborisations analogues aux plaques motrices des muscles striés.

Terminaisons nerveuses dans le tissu conjonctif de la mésartère. — Ce tissu est richement innervé; à part les fibres nerveuses destinées aux fibres élastiques et aux cellules musculaires lisses, il en existe un grand nombre qui s'y terminent. Nous avons découvert des modes de terminaisons nerveuses dont voici les plus intéressants :

Des grosses fibres nerveuses se terminant par un renflement considérable en forme de hache ou de massue. Souvent disposées sans ordre, quelquefois ces massues se groupent ensemble en nombre variable. Sur de bonnes imprégnations, on voit nettement les fibrilles de la fibre nerveuse d'origine s'étaler en un réticulum très fin à leur niveau.

D'autres fibres nerveuses se terminent par un renflement moins considérable que les précédentes sous la forme de gros boutons. Il y en a aussi qui, au niveau de leur renflement terminal, présentent de petites excroissances.

Enfin il existe un autre mode de terminaison nerveuse; les fibres nerveuses se résolvent en fibrilles fines, formant une élégante pelote.

Comme toutes ces fibres nerveuses ne sont pas en rapport avec les éléments moteurs (les cellules musculaires lisses), mais qu'elles se terminent dans le tissu conjonctif, force nous est donc d'admettre qu'elles sont de nature sensitive.

On n'avait jamais signalé l'existence de terminaisons sensitives dans la mésartère. Nos recherches montrent qu'il en existe de nombreuses, polymorphes.

Le rôle des terminaisons sensitives doit être très important dans le mécanisme de la dilatation et de la constriction des artères. Ce sont les fibres sensitives vasculaires qui apportent l'excitation à leurs cellules, lesquelles, par leur prolongement central, la réfléchissent directement ou indirectement sur les neurones sympathiques vaso-moteurs, neurones dont le prolongement périphérique transporte l'excitation à la cellule musculaire de l'artère. Il s'agit, en somme, d'un réflexe dont le point de départ est l'arborisation sensitive et le point terminal, la terminaison nerveuse motrice au niveau de la cellule musculaire lisse.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *De l'action des substances oxydantes sur les toxines* in vivo. Note de M. **Marcel Belin**, présentée par M. A. Chauveau.

Nous avons montré, dans notre précédente Note, les résultats excellents obtenus dans le traitement du tétanos et surtout de la coli-bacillose par l'emploi des substances oxydantes; ces faits ont été confirmés d'ailleurs peu après par MM. A. Lumière et J. Chevrotier [1] qui emploient pour traiter le tétanos les persulfates alcalins.

Nous étudierons brièvement, dans cette Note, l'action de ces substances sur l'évolution de la *fièvre typhoïde expérimentale*, de la *streptococcie* et de la *rage*.

Fièvre typhoïde. — Les injections microbiennes ont été faites à des cobayes dans le péritoine à la dose de 1^{cm^3} par kilogramme en se servant de cultures de 24 heures en bouillon peptoné. La substance oxydante employée pour le traitement est le chlorate de sodium injecté à la dose de $0^g,08$ par kilogramme (solutions $0^g,04$ par centimètre cube d'eau distillée).

Les témoins succombent en 18 à 20 heures. Quand l'inoculation microbienne est faite le soir et que le traitement n'est commencé que le lendemain matin, soit une dizaine d'heures après, on obtient généralement une survie pouvant atteindre 3 jours, nous n'avons jamais eu de guérison.

Il n'en est plus de même si le traitement est commencé quelques heures après l'injection microbienne, comme il est rationnel de le faire étant donnée l'extrême sévérité de l'infection ainsi produite : nous avons obtenu le plus souvent soit des *guérisons complètes*, soit la transformation de cette affection suraiguë en une *affection chronique* ne tuant l'animal qu'au bout de plusieurs jours, le nombre des injections salines étant de cinq le premier jour et une, deux ou trois le second jour.

Streptococcie. — L'animal d'expérience employé ici est le lapin. Les injections de cultures, en bouillon peptoné de 24 heures, sont faites par la voie péritonéale à des doses variant entre $\frac{1}{4}$ et $\frac{1}{8}$ de centimètre cube par kilogramme.

Les substances oxydantes employées ont été les chlorates et le terpène ozoné tallianine.

Ici encore nous avons obtenu des survies, quelques-unes atteignant 6 jours, mais jusqu'à présent nous ne sommes pas arrivé à avoir de guérison complète.

Comme dans la coli-bacillose, la voie sous-cutanée nous est apparue comme devant être préférée à la voie veineuse. Nous avons constaté à plusieurs reprises une action d'une netteté remarquable sur le rythme respiratoire; c'est ainsi que chez un de nos lapins le nombre des respirations atteint 250 environ par minute; on fait une

(1) Auguste Lumière et Jean Chevrotier, *Comptes rendus*, 5 mai 1913.

injection de chlorate de sodium à la dose habituelle : 5 minutes après nous comptions 200 mouvements respiratoires, 160 après 10 minutes, 128 au bout de 30 minutes, 126 après 50 minutes, puis, au bout de 1 heure 10 minutes. le rythme respiratoire recommençait à s'accélérer; l'animal qui était, avant l'injection, immobile, anxieux, peu à peu devenait plus gai, plus attentif à ce qui se passait autour de lui et se déplaçait bientôt sans effort.

Rage. — Étant donnée la localisation dans les centres nerveux du virus rabique, il est évidemment très difficile d'atteindre les substances toxiques qu'il peut élaborer et favoriser ainsi la défense de l'organisme, aussi les injections de substances oxydantes ne pouvaient vraisemblablement pas avoir d'action sur l'évolution de cette affection.

Nous nous sommes servi de lapins et de cobayes, les injections ont été faites dans la chambre antérieure de l'œil ou dans les muscles; quel que soit le mode d'inoculation, les animaux traités sont toujours morts aussi rapidement que les témoins.

Conclusion. — Nous nous contenterons de noter l'action extrêmement favorable des substances oxydantes sur l'évolution de la fièvre typhoïde expérimentale et de la streptococcie, action en tous points semblable à celle que nous avons indiquée dans le tétanos et la coli-bacillose.

BACTÉRIOLOGIE. — *Vaccinothérapie dans la coqueluche.* Note de MM. **Charles Nicolle** et **A. Conor**, présentée par M. Roux.

Une épidémie de coqueluche, qui a sévi à Tunis au printemps de cette année, nous a permis de tenter des essais de vaccinothérapie, par inoculation aux malades de cultures *vivantes* du microbe de Bordet ([1]).

Nous avons suivi presque exactement, pour la préparation du vaccin, la technique que nous utilisons dans la pratique de nos vaccinations anticholériques et antityphiques.

Des cultures, âgées de 48 heures, sur milieu de l'auteur (gélose-pomme de terre-sang), sont émulsionnées dans l'eau physiologique, portées à 46° pendant 30 minutes (ce qui ne touche nullement leur vitalité), puis lavées et centrifugées à plusieurs reprises, de façon à obtenir finalement une émulsion parfaitement homogène de microbes isolés et débarrassés de toute substance étrangère. Le liquide vaccinal est dosé à une goutte de cette émulsion pour 2^{cm^3} d'eau physiologique (une goutte représente 400 millions environ de microbes).

En raison de la difficulté de l'inoculation intraveineuse chez de tout jeunes enfants, nous pratiquions l'injection sous la peau du flanc, à raison de une à cinq gouttes

---

([1]) Nous remercions M. Bordet, qui a bien voulu nous adresser des cultures de son microbe.

d'émulsion chaque fois. Ces inoculations étaient répétées tous les deux ou trois jours. Jamais nous n'avons observé à la suite de réaction générale ou locale.

Cent vingt-deux enfants ont été ainsi traités. De ce total, nous devons en retrancher 18 qui n'ont pas été revus après la première inoculation. Restent 104 *traités*, sur lesquels nous comptons :

Guéris (cessation complète des quintes)..........	37 soit 35,57 pour 100
Améliorés (diminution notable des quintes).......	40 soit 38,46 »
Stationnaires	27 soit 25,96 »

De ces enfants, tous n'étaient pas à coup sûr atteints de coqueluche ; en l'absence de quintes constatées par nous-mêmes ou par un médecin traitant, nous avons dû nous en remettre souvent au dire des parents.

D'autre part, le nombre des inoculations a été variable ; souvent l'enfant, très amélioré ou guéri après une ou deux inoculations, ne nous était plus ramené (nous avons constaté nous-mêmes ces améliorations en allant visiter à domicile nos traités).

Le Tableau suivant rend compte de ces données :

	Coqueluche.			Nombre des inoculations pratiquées.								
	Constatée.	Probable.	Douteuse.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9
Guéris............	33	4	0		3	5	6	15	1	4	3	
Améliorés..........	10	27	3		4	7	7	11	6	2		3
Stationnaires.......	8	13	6		7	9	3	6	2			

Sur 37 guérisons, 29, soit 78,38 pour 100, sont survenues après deux à cinq inoculations, c'est-à-dire *en trois à douze jours*.

Dans les cas qui guérissent, l'amélioration se manifeste très rapidement ; en général, dès la première ou la deuxième inoculation, les quintes nocturnes diminuent d'intensité et de nombre, et les parents, que la toux de leurs enfants n'empêche plus de dormir, en témoignent leur joie.

Résultats d'après l'âge des malades.

	Moins de 1 an.	1 an.	2 ans.	3 ans.	4 ans.	5 ans.	6 ans.	7 à 10 ans.
Guéris.......	3	2	9	7	2	7	3	4
Améliorés....	8	6	3	7	7	5	3	1
Stationnaires.	3	2	4	5	4	3	2	4

Résultats suivant la période de la maladie à laquelle a été institué le traitement.

	Coqueluche datant de :					
	Moins de 1 semaine.	1 semaine.	2 semaines.	3 semaines.	4 semaines.	Plus de 5 semaines.
Guéris......	3	1	11	10	5	7
Améliorés...	8	10	5	4	11	2
Stationnaires.	4	4	3	7	6	3

Pour qui connaît la durée souvent désespérante de la coqueluche, ces résultats sont encourageants. La méthode, d'autre part, est facile et inoffensive. Cependant, nous ne voulons pas porter encore d'autres conclusions.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Recherches sur le mécanisme de l'acclimatation des levures à l'aldéhyde formique.* Note de M. **M.-Emm. Pozzi-Escot.**

M. Sorel a montré il y a longtemps (1895) qu'il est possible d'effectuer des fermentations alcooliques en présence d'aldéhyde formique ajouté au liquide fermentescible: j'ai étudié le phénomène en 1903 et mes recherches me conduisirent à reconnaître que l'aldéhyde formique ne peut être utilisé industriellement pour l'obtention de fermentations pures, comme l'a été et l'est encore l'acide fluorhydrique; dans un brevet qui me fut concédé à cette époque j'ai montré d'autre part les avantages que présente l'acide formique, antiseptique microbien bien plus puissant que l'aldéhyde au sein d'un milieu aussi complexe que le sont les liquides de fermentation industriels.

Des recherches ultérieures de M. Effront sont venues confirmer, en les précisant considérablement, les recherches précédentes et suivant ce savant, le mécanisme de l'acclimatation des levures à l'aldéhyde formique serait essentiellement analogue aux phénomènes qui se déclarent dans les organismes animaux par l'introduction des substances immunogènes.

L'acclimatation serait due à la destruction de l'aldéhyde par un principe oxydant qui se développe chez la levure et joue le rôle d'anticorps. L'oxydation qui intervient dans cette réaction se ferait soit par l'intermédiaire de l'air atmosphérique, soit de l'oxygène des substances contenues dans le milieu : la substance active produite par l'acclimatation jouerait le rôle de la sensibilisatrice élective sans laquelle l'oxydation ne se produit pas.

L'existence d'une fonction oxydante chez la levure, au sens diastasique propre, m'a toujours paru problématique et, malgré de nombreuses études sur le sujet, une démonstration évidente est encore à venir, malgré bien des affirmations.

Nous savons au contraire, par les recherches de Nastukoff et celles assez nombreuses que nous avons nous-même publiées, que la levure a des fonctions essentiellement réductrices.

Les conclusions de M. Effront nous ont donc paru fortement prématurées, et les expériences suivantes montrent bien que la disparition de l'aldéhyde formique doit s'effectuer par un mécanisme bien différent, et qu'il n'y a pas acclimatation au sens propre.

Nous avons recherché : *a*. La réalité de la disparition de l'aldéhyde; *b*. Les conditions favorisantes; *c*. S'il y a réellement formation de produits d'oxydation de l'aldéhyde formique et particulièrement de l'acide formique; *d*. Le mécanisme de la consommation de l'aldéhyde.

a. De nouvelles expériences de fermentation, conduites comme l'indique M. Effront, confirment la disparition de l'aldéhyde.

b. La disparition est d'autant plus facile que l'on considère un milieu de culture plus riche en matières azotées complexes; si l'on a soin de prendre un moût d'orge pauvre et d'en précipiter, par le tanin, la matière azotée, la fermentation devient de plus en plus difficile en présence d'une dose constante d'aldéhyde, le témoin fermentant facilement; la fermentation est d'autant plus facile qu'on ajoute une plus grande masse initiale de levure.

Cette dernière conclusion est tout à fait conforme à l'influence des masses actives de microbes dans les phénomènes de ce genre, influence mise en évidence dans mes *Leçons de microbiologie générale*.

c. Si la disparition de l'aldéhyde formique est bien due à un phénomène d'oxydation diastasique, il devrait se former de l'acide formique; or cela n'a pas lieu. On ne retrouve, en faisant le bilan de la fermentation, aucun autre produit d'oxydation caractéristique; la combustion de l'aldéhyde doit donc être totale.

d. Si l'on ajoute de l'aldéhyde formique à un moût de grain, riche en azote, l'aldéhyde entre en combinaison, presque en totalité; la combinaison est labile et par un traitement violent tel que la distillation, en présence d'acide, redonne de l'aldéhyde. La fermentation et par suite l'acclimatation de la levure sont d'autant plus difficiles que le moût est plus pauvre en azote organique et, avec un moût artificiel ne renfermant que du phosphate d'ammonium, la fermentation devient très pénible.

Il semble logique de conclure de ce qui précède que l'aldéhyde formique perd ses propriétés antiseptiques dans les bouillons de culture, grâce à l'extrême facilité avec laquelle il se combine avec les fonctions amidogènes et que la disparition de l'aldéhyde du milieu de culture correspond simplement à une consommation alimentaire du complexe amidocarboné formé, par la levure.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur un dialyseur analytique.* Note de M. W. Kopaczewski, présentée par M. Roux.

Dans certains cas la dialyse est le seul moyen de purifier ou d'isoler un assez grand nombre de corps organiques; c'est le cas des toxines, ferments, bases organiques cristallisables, etc. La dialyse est souvent, dans les recherches précises, d'une application assez délicate. Elle sert surtout à purifier les colloïdes; la partie dialysable se trouve alors disséminée dans une si grande quantité d'eau qu'il est presque impossible de l'isoler. D'autre part, dans les cas où il s'agit d'une déminéralisation aussi complète que possible de colloïdes organiques ou d'une substance facilement décomposable, il faut effectuer la dialyse avec de l'eau courante et très pure; on doit alors employer une quantité d'eau souvent difficile à avoir.

Au cours de nos recherches sur la dialyse des ferments, nous nous sommes proposé de construire un appareil dans lequel on effectue : 1° la dialyse rapide dans l'eau pure et courante; 2° la distillation de l'eau; 3° la condensation de la partie dialysable. Après maintes difficultés, nous avons réussi à construire un appareil dont voici les détails (voir la figure 1).

L'appareil se compose de trois parties A, B et C, stérilisables à l'autoclave (B et C sont aussi stérilisables au four Pasteur).

La partie A est un dialyseur modifié, muni d'un tube en verre; dans ce tube se trouve un robinet R à deux voies qui peut communiquer soit avec le ballon B et régler ainsi la sortie de l'eau du dialyseur, soit avec un tube latéral, permettant alors de prélever de l'eau pour rechercher sa pureté et constater la fin de la dialyse.

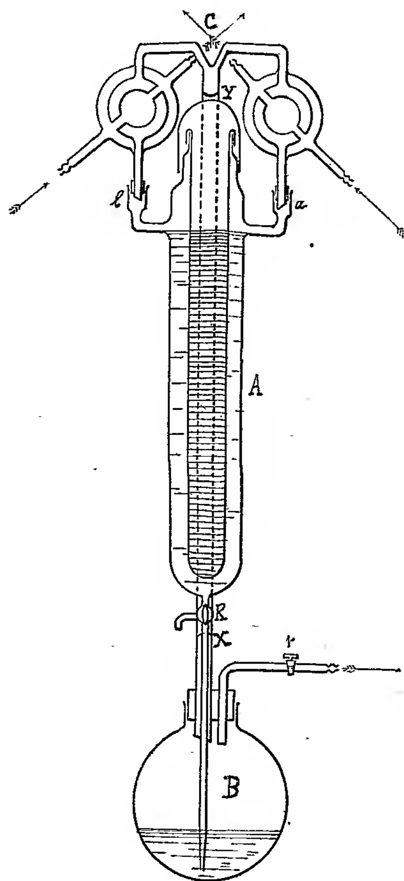
La partie B est un ballon en verre d'Iéna, bouché avec un bouchon de liège ou en caoutchouc, traversé par trois tubes : le premier est en verre et communique avec le dialyseur, le second en verre communique avec la trompe, le troisième en étain communique avec les réfrigérants.

La partie C présente deux réfrigérants, genre Soxhlet, à double circulation d'eau, en étain, réunis par un tube, également en étain, en forme de Y.

Le fonctionnement de l'appareil est très simple : on remplit le ballon avec une quantité d'eau égale au volume auquel on veut ramener la partie dialysable; on bouche; on met le sac de collodion, rempli de la liqueur à dialyser; on ferme le dialyseur, on courbe le tube en étain en X et Y de façon que les ouvertures *a* et *b* entrent dans deux branches latérales de dialyseur; on ferme le robinet R; on ouvre le robinet *r*; on fait le vide, on ferme le robinet *r*, on allume le bec de gaz et l'on amène le liquide à l'ébullition. Puis on maintient la température vers + 40° C.

L'appareil, fonctionnant dans les conditions ordinaires de la pression,

produit 7^l à 8^l d'eau de conductivité $1,2$ à $1,6 \times 10^{-6}$ par jour; fonctionnant dans le vide, à une température de $+40°$C. à $+45°$C., il produit 3^l à 4^l de conductivité $0,6$ à $0,7 \times 10^{-6}$ par jour. Étant donné que l'espace compris entre le sac de collodion et les parois du dialyseur est d'une contenance de 300^{cm^3} à 400^{cm^3}, on peut en déduire que l'eau se renouvelle de 10 à 20 fois par jour.



Grâce à cet appareil la dialyse s'effectue beaucoup plus rapidement. Nous avons, par exemple, dialysé la pectase de la luzerne et la pectine des carottes d'une part dans un dialyseur ordinaire (en changeant l'eau dans ce dernier cas trois fois par jour) et dans le nôtre d'autre part; pour obtenir de la pectase d'une conductivité de $2,9 \times 10^{-6}$ et de la pectine d'une conductivité de $2,8 \times 10^{-6}$, nous avons dialysé dans le premier cas 2 à 3 jours, dans le second 3 à 5 jours.

L'appareil présente encore un avantage considérable; il peut être employé, en dehors de la dialyse, comme appareil à distillation dans le vide et fournir de l'eau d'une très grande pureté.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action de l'acide borique sur la zymase; comparaison avec l'action des phosphates.* Note de M. **Henri Agulhon**, présentée par M. Roux.

Dans un travail antérieur ([1]), j'ai montré la remarquable inactivité de l'acide borique vis-à-vis des diastases; seule, sur douze diastases différentes examinées, la lipodiastase du ricin est sensible à la présence d'une petite quantité de cet acide, et cela, même en présence des doses *optimæ* d'acides forts. A la suite de nouvelles recherches, je crois devoir signaler le cas de la zymase alcoolique, sensible elle aussi à l'action de l'acide borique.

Les levures vivantes sont encore susceptibles de fermenter le glucose en présence de 30g par litre de cet acide ([2]); Rosenblatt et Mlle Rozenband, dans un travail portant sur un grand nombre d'acides, supposent que la membrane cellulaire de la levure est peu perméable aux acides, pour expliquer les différences profondes existant entre leurs résultats obtenus avec la levure vivante et ceux de Büchner et de ses élèves obtenus avec le suc actif séparé de la cellule.

Büchner et ses élèves n'ont pas étudié l'action de l'acide borique sur le suc de levure; ils notent simplement l'action empêchante du borax en même temps que celle des sels de calcium, de baryum, etc. ([3]).

La source de zymase que j'ai employée est le suc de levure préparé, selon la méthode de Lebedeff, à partir de levure de brasserie qui m'a été aimablement fournie par la maison Moritz. Dans chaque essai, 4g de saccharose ou de glucose sont mis en solution dans 20^{cm^3} de macération de levure additionnée ou non de doses variées d'acide borique; le tout est abandonné à la température ordinaire dans une fiole conique munie d'une soupape de

---

([1]) *Comptes rendus*, t. **148**, 1909, p. 1340, et *Annales de l'Institut Pasteur*, t. XXIV, 1910, p. 495-518.

([2]) H. Agulhon, *Recherches sur la présence et le rôle du bore chez les végétaux* (*Thèse Doct. Sc. nat.*, Paris, 1910, p. 65). — M. Rosenblatt et Mlle Rozenband, *Sur l'influence paralysante exercée par certains acides sur la fermentation alcoolique* (*Comptes rendus*, t. **149**, 1909, p. 309).

([3]) Ed. et Hans Büchner et Martin Hahn, *Die Zymasegärung*, Munich, 1903 p. 165.

Meissl; on détermine par pesées successives la perte d'acide carbonique aux différents moments de l'expérience.

Acide borique pour 100.	Perte en CO^2 exprimée en milligrammes après			
	2 heures.	24 heures.	48 heures.	3 jours.
	Première expérience.			
Témoin 0	50	387	648	685
$0,01 = \frac{N}{620}$	47	367	621	647
$0,1 = \frac{N}{62}$	45	307	516	538
$1,0 = \frac{N}{6,2}$	0	0	0	0
	Deuxième expérience.			
Témoin 0...........	71	622	936	960
Témoin 0	75	625	944	963
$0,05 = \frac{N}{124}$	73	561	818	832
$0,25 = \frac{N}{24,8}$	56	414	525	535
	Troisième expérience.			
Témoin 0	73	539	833	
$0,5 = \frac{N}{12,4}$	27	227	271	

A l'examen de ce Tableau, on se rend compte de l'influence empêchante de l'acide borique sur la fermentation dès la dose faible de 10^{mg} pour 100^{cm^3} $\left(\text{solution } \frac{N}{620}\right)$. Avec 1^g pour 100, aucune fermentation n'est plus possible. La levure vivante, de même provenance, est cependant susceptible de fermenter une partie du sucre qui lui est fourni en présence de 2 pour 100 d'acide borique. Il semble donc bien que la membrane empêche le contact direct de la zymase et de l'acide borique.

On sait que la zymase est favorisée par une certaine alcalinité du milieu; on peut se demander si la faible acidité de l'acide borique n'est pas suffisante pour être la cause de son action empêchante. Le Tableau suivant donne les chiffres obtenus dans une série d'essais où j'ai fait agir comparativement, d'une part le phosphate monosodique et l'acide borique, de

même acidité vis-à-vis des réactifs colorés, d'autre part le borax et divers sels d'alcalinité différente :

	Perte en CO^2 exprimée en milligrammes après			
	2h.	24h.	48h.	3 jours.
Première expérience.				
Témoin	59	618	886	934
0,5 pour 100 d'acide borique	42	277	398	424
» de borax	49	369	578	672
» de phosphate mono	72	651	900	943
» de phosphate bi	67	667	1000	1114
Deuxième expérience.				
Témoin	39	405	704	733
1 pour 100 de borax	21	205	328	341
» de phosphate tri	56	521	906	994
» de citrate trisodique	36	365	734	828
» de carbonate de Na	56	488	812	852

Nous voyons tout d'abord que le phosphate mono, de même acidité vis-à-vis des réactifs colorés que l'acide borique, loin d'avoir une action empêchante, est légèrement favorisant. Il semble donc que l'acidité propre de l'acide borique ne suffit pas à expliquer son action empêchante sur la zymase. L'importance de la nature du radical électronégatif en dehors de la réaction est indéniable; elle apparaît aussi, nettement, si l'on compare l'action sur la zymase du phosphate disodique et du citrate trisodique ([1]). Le borax est nettement défavorable, alors que les sels alcalins sont favorisants; il est cependant moins empêchant que l'acide borique, ce qui tendrait à faire penser que son alcalinité compense un peu l'influence défavorable du radical électronégatif ([2]). Au sujet des phosphates, on peut remarquer que leur action favorable croît avec leur alcalinité; l'action favorisante de l'alcali s'ajoute à celle du radical P^2O^5 agissant comme coenzyme.

([1]) Voir au sujet de l'importance du radical électronégatif des acides les travaux de G. Bertrand et M. et Mme Rosenblatt sur l'action des acides sur la sucrase : *Annales de l'Institut Pasteur*, t. XXVI, 1912, p. 321 et 932.

([2]) Il y a lieu de tenir compte qu'en présence de sucre le borax perd son alcalinité à la phtaléine.

Il est intéressant de noter que de toutes les diastases que j'ai étudiées, les deux seules sensibles à l'acide borique sont deux endodiastases, la zymase et la lipodiastase, agissant normalement à l'abri de la membrane cellulaire.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude quantitative de l'action des rayons ultraviolets monochromatiques sur l'amylase.* Note de Mme et M. **A. Chauchard**, présentée par M. Dastre.

Dans une Note précédente, nous avons montré que les rayons ultraviolets détruisent l'amylase et l'invertine. Nous avons continué nos expériences dans le but de déterminer d'abord comment varie l'action des rayons ultraviolets sur l'amylase avec la longueur d'onde. Il est en effet important de comparer la vitesse d'action des radiations des différentes longueurs d'onde entre elles et de juxtaposer ces résultats aux valeurs d'absorption des mêmes rayons. De plus, il est nécessaire de déterminer en valeur absolue l'énergie absorbée et la proportion d'amylase détruite par cette énergie.

Pour étudier cette question, nous avons employé deux méthodes différentes :

1° *Méthode des écrans.* — La source utilisée était une étincelle condensée entre des électrodes de cadmium ; l'intensité dans le primaire était de 10 ampères, le voltage de 110 volts, le nombre des interruptions de 8000 à 10000 par minute; l'intensité dans le secondaire de 6 ou 7 ampères. (Pour plus de détails, voir Victor Henri et Wurmser, *Journal de Physique*, avril 1913.)

Nous avons interposé une série d'écrans, à savoir : lamelle de verre $0^{mm},14$; lame de verre $0^{mm},7$; solution d'acétone à 5 pour 100, épaisseur 5^{mm} (entre deux lames de quartz); solution d'albumine d'œuf à 2 pour 100, épaisseur 5^{mm}. Ces écrans permettent d'isoler différentes régions du spectre ultraviolet. L'épaisseur de la solution diastasique était de 7^{mm}, la distance à la source de 4^{cm}. L'énergie de cette source a été mesurée en valeur absolue pour chaque raie par MM. Victor Henri et Wurmser.

Nous donnons dans le Tableau I les proportions de diastase détruites en 15 minutes à travers ces différents écrans ; ainsi que les longueurs d'onde des rayons qui traversent et les énergies correspondantes :

Tableau I.

λ.	Énergie des raies : Eau distillée.	Énergie transmise : Acétone.	Albumine.	Lamelle.	Lame.
2144,5	0,069	0,017	0	0	0
2195	0,091	0,0182	0	0	0
2266	0,107	0,0123	0	0	0
2300	0,210	0,0105	0,0000084	0	0
2469	0,007	0,0000035	0,00112	0	0
2572	0,022	0	0,0055	0	0
2748	0,030	0	0,00315	0,003	0
2880 .... 2980	0,021	0,001785	0,009345	0,00735	0,00126
3200 .... 3600	0,087	0,087	0,087	0,0783	0,0696
Énergie totale...	0,644	0,1468	0,1061	0,0886	0,0708
Atténuation pour 100	54	21	19	17	4
Atténuation rapportée au témoin H^2O....	100	40	35	31,4	7,4

On voit, en comparant l'atténuation à travers l'acétone avec celle obtenue à travers le verre, que les rayons λ = 2469, 2300 et 2195 sont plus actifs que les rayons de longueur d'onde plus grande.

2° *Action des rayons monochromatiques.* — Pour étudier l'action de radiations ultraviolettes monochromatiques sur la diastase, il faut avoir une source lumineuse très intense. Nous nous sommes servis de l'installation réalisée par MM. Victor Henri et Wurmser.

Un grand transformateur de résonance, combiné avec un condensateur de $\frac{1}{10}$ de microfarad, est branché sur le courant alternatif de 110 volts; l'intensité du primaire est égale à 20-25 ampères. On produit ainsi une étincelle condensée très intense entre des électrodes (de 15^{mm} de diamètre) de magnésium, de cadmium et de zinc. La lumière est décomposée par deux prismes de quartz et l'on fait agir les différentes raies isolément sur la solution placée dans une petite nacelle très étroite sous une épaisseur de 7^{mm}. L'énergie de chaque raie est mesurée en valeur absolue par une pile de Rubens étalonnée avec une lampe Hefner.

Les résultats obtenus pour l'exposition pendant 15 minutes aux trois groupes de raies : Mg = 2800, Cd = 2300, Zn = 2100, sont donnés dans le Tableau II :

TABLEAU II.

λ.	Proportion détruite en 15 minutes (pour 100).	Énergie des raies (ergs : sec-cm²).	Proportion détruite par unité d'énergie incidente.	Proportion détruite pour 10⁷ ergs absorbés par la solution.
2100 .... } 2060 .... }	14	1290	108,5	—
2300	24	6936	34,6	0,39
2800	22,7	7780	29,1	0,43

Les nombres de la quatrième colonne montrent que *l'action est d'autant plus forte que les rayons sont plus courts.*

Il est nécessaire de comparer ces résultats avec l'absorption de ces différents rayons par la solution contenant la diastase. Les mesures quantitatives faites par M. Victor Henri donnent les valeurs suivantes pour les proportions d'énergie absorbée par une couche de 7^{mm} d'épaisseur de la solution d'amylase :

λ	2307.	2389.	2535.	2875.	2944.	3126.	3306.
Proportion d'énergie absorbée pour 100.	99,96	96	88,5	72,97	58,33	39,75	28,57

Si l'on calcule la proportion de diastase détruite pour l'unité d'énergie absorbée que nous choisissons égale à 10^7 ergs, c'est-à-dire environ $\frac{1}{4}$ de calorie, on trouve pour 2300 et 2800 presque les mêmes valeurs, contenues dans la cinquième colonne du Tableau II.

Par conséquent : 1° *L'action photochimique des rayons ultraviolets sur l'amylase est proportionnelle à l'absorption de ces rayons par la solution contenant le ferment.*

2° *Une quantité d'énergie de rayonnement qui serait capable d'élever la température de la solution seulement d'environ $\frac{1}{4}$ de degré décompose les $\frac{4}{10}$ de la diastase.*

PHOTOCHIMIE. — *Étude quantitative de l'absorption des rayons ultraviolets par les monamines, diamines, nitriles, carbylamines, amides et oximes de la série grasse.* Note de MM. **Jean Bielecki** et **Victor Henri**, présentée par M. Dastre.

Nous avons étudié l'influence exercée sur l'absorption des rayons ultraviolets par les différents groupes azotés dans les corps suivants de la série

grasse : amines primaires $R - NH^2$, secondaires $R^2 = NH$, tertiaires $R^3 \equiv N$; diamines $NH^2 - R'' - NH^2$; nitriles $R - C \equiv N$; carbylamines $R - N \equiv C$; amides $R - CO - NH^2$; cétoximes $R^2 = C = NOH$ et aldoximes $R - CH = N - OH$.

Les valeurs des constantes d'absorption moléculaire ε des solutions alcooliques ($\mathfrak{I} = \mathfrak{I}_1 10^{-\varepsilon c d}$) sont données dans le Tableau suivant :

Longueurs d'onde.	2144.	2195.	2265.	2288.	2307.	2338.	2366.	2389.	2405.	2440.	2480.	2525.	2626.	2693.	2900.	3000.
							Amines primaires.									
Méthylamine.	»	10,8	5,6	3,2	2,16	1,62	1,08	0,66	0,54	»	»	»	»	»	»	»
Éthylamine..	»	14	3,2	2,16	4,62	1,04	0,87	0,7	0,6	0,42	0,33	0,12	»	»	»	»
Propylamine.	»	14	4,27	2,8	2,16	0,94	0,6	0,42	0,28	»	»	»	»	»	»	»
							Amines secondaires.									
Diméthylamine.....	»	>19,4	10,8	9,16	7,8	3,4	2,06	1,8	1,62	1,08	0,64	0,39	»	»	»	»
Diéthylamine	»	»	»	»	11,3	7,0	4,84	3,23	2,56	1,87	1,25	0,87	»	»	»	»
Dipropylamine.....	»	81	34,6	19,4	15,6	10,4	7,6	7,13	5,6	4,34	3,19	2,1	1,08	0,88	0,21	»
							Amines tertiaires.									
Triméthylamine.....	»	»	»	»	»	»	»	15,8	12	6,7	4,2	1,7	»	»	»	»
Triéthylamine.....	»	»	»	»	113	65,7	48,4	36,9	27	19,4	10,8	8,1	3,9	0,89	»	»
Tripropylamine.....	»	»	»	»	»	»	»	»	»	97	48,4	23,7	9,36	6,53	1,98	1,2
							Diamines.									
Éthylène-diamine.....	81	59,2	5,6	3,7	2,16	0,95	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
							Nitriles et Carbylamines.									
Acétonitrile..	0,54	0,42	0,21	0,134	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Méthylcarbylamine.....	»	»	<0,27	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
							Amides.									
Acétamide...	»	>70<113	40,4	32,8	26,5	16,2	12,8	10,01	8,1	4,79	3,04	2,2	1,22	0,78	»	»
Propionamide......	»	81	48,4	35	30,9	17,7	10,8	8,65	6,6	2,9	1,35	1,01	0,79	0,64	»	»
							Oximes.									
Acétoxime...	»	700	270	220,9	162	101,4	64,1	40,4	27	12,3	8,12	4,77	0,68	0,36	»	»
Acétaldoxime	810	484	265,7	194	166,2	113	66,8	48,4	31,4	20,3	8,9	3,18	0,29	»	»	»

Résultats. — 1° L'absorption de tous les corps azotés étudiés par nous se fait d'une façon continue, la valeur de ε croît régulièrement lorsque λ diminue jusqu'à 2144.

2° L'absorption des rayons ultraviolets par les amines primaires de formule $C^nH^{2n+1}NH^2$ augmente avec la valeur de n. Il est intéressant de comparer cette absorption avec celle des alcools correspondants :

λ..........	2144.	2195.	2240.	2307.	2338.	2405.	2452.	2550.	2665.	2900.
Alcool méthylique...	0,029	0,018	0,017	0,013	0,010	0,007	0,006	0,005	0,004	0,003
» éthylique.....	0,08	0,050	0,038	0,028	0,025	0,013	0,008	0,005	»	»
» propylique n..	0,201	0,104	0,096	0,083	0,080	0,040	»	»	»	»

On voit que la substitution du groupe NH^2 à la place de OH augmente très fortement l'absorption. Toutefois cette exaltation de l'absorption ne se fait pas dans la même proportion pour les trois alcools. On peut admettre que le groupe OH est très peu absorbant, de sorte que pour les alcools l'absorption du radical alcoolique possède une valeur prédominante. L'absorption des alcools de formule $C^nH^{2n+1}OH$ augmente avec la valeur de n suivant une loi exponentielle. Au contraire, pour les amines primaires, la part de l'absorption qu'apporte le groupe NH^2 est très grande et elle masque l'absorption due à l'alkyl, de sorte que les variations relatives de l'absorption avec la valeur de n deviennent faibles.

3° Les amines secondaires se comportent entre elles comme les amines primaires. Il en est de même pour les amines tertiaires.

4° Lorsque, dans la molécule d'ammoniaque, on remplace successivement les atomes d'hydrogène par 1, 2 ou 3 radicaux de formule C^nH^{2n+1}, l'absorption augmente d'une façon très intense. Ainsi pour $\lambda = 2195$ elle est égale à 0,085 pour NH^3; 10,8 pour CH^3NH^2; $> 19,4$ pour $(CH^3)^2NH$; de même pour $\lambda = 2389$ ε est $= 0,66$ pour CH^3NH^2, 1,8 pour $(CH^3)^2NH$ et 15,8 pour $(CH^3)^3N$. C'est une augmentation qui se fait suivant une loi exponentielle.

5° L'absorption par l'éthylène-diamine fait ressortir nettement l'influence des deux groupes NH^2; en effet, la courbe d'absorption monte d'abord lentement jusqu'à 2265 et puis s'élève brusquement très vite. La même allure de la courbe d'absorption se trouve pour l'ammoniaque.

6° Les corps où l'azote possède une triple liaison avec un carbone (nitriles $R - C \equiv N$), de même que ceux où l'azote est pentavalent (carbylamines $R - N \equiv C$) absorbent excessivement peu.

7° Les amides $R - CO - NH^2$ absorbent d'une façon analogue aux acides correspondants; la substitution du groupe NH^2 à l'hydroxyle provoque ici une exaltation de l'absorption. Mais cette exaltation est relativement moins importante que dans le cas des alcools et amines primaires, puisque l'absorption par le reste $R - CO$ est déjà forte.

8° L'absorption par les oximes est bien plus intense que par les amines; elle doit être comparée à l'absorption par l'hydroxylamine.

λ.	2144.	2195.	2265.
Absorption par $NH^2OH.HCl$ (sol. aqueuse)........	0,405	0,105	0,054
» $(CH^3)^2=C=NOH$ (sol. alcool.)...	»	700	270
» $CH^3.CH=NOH$ (sol. alcool.).....	810	484	265,7

On voit que la substitution des deux atomes d'hydrogène dans l'hydroxylamine par les groupements $R^2=C=$ et $R.CH=$ produit une exaltation très forte de l'absorption; ce résultat est donc à rapprocher de celui des amines secondaires comparées à l'ammoniaque.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Transformation du calomel en sels solubles de mercure dans les milieux digestifs.* Note de M. **H. Zilgien**, présentée par M. L. Landouzy.

I. De mes recherches CHIMIQUES sur la transformation du calomel en sels solubles de mercure, il résulte que :

1° 50^{cg} de calomel, avec 10$^{cm^3}$ d'eau et *trois gouttes d'acide lactique*, ne fournissent pas de sels solubles de mercure;

2° ils n'en fournissent que des traces impondérables si, au lieu d'acide lactique, on ajoute 25$^{cm^3}$ *d'ammoniaque;*

3° le résultat est complètement négatif si, aux mêmes quantités de calomel et d'eau, on ajoute 1$^{cm^3}$ *de lactate d'ammoniaque préparé à l'avance.*

4° Au contraire, le lactate d'ammoniaque, A L'ÉTAT NAISSANT, donne une quantité abondante de sels de mercure, et cela sur le champ, sans que cette quantité ainsi fournie de suite n'augmente ultérieurement.

C'est ainsi que 50^{cg} de calomel avec 10$^{cm^3}$ d'eau, trois gouttes d'acide lactique et 25$^{cm^3}$ d'ammoniaque, donnent, APRÈS FILTRATION IMMÉDIATE ou 24 heures plus tard, 0,008 de sels solubles de mercure.

5° Si, au lieu d'eau ordinaire, on emploie de l'eau distillée on obtient un abondant précipité blanc par le nitrate d'argent. Il semble donc que le sel soluble formé soit du bichlorure de mercure.

6° Les mêmes résultats positifs sont obtenus par le CHLORURE D'AMMONIUM A L'ÉTAT NAISSANT, alors qu'ils sont négatifs avec le chlorure d'ammonium préparé d'avance;

7° Le CHLORURE DE SODIUM donne des résultats négatifs, soit à l'état naissant, soit à l'état ancien;

8° Ces résultats ne s'appliquent pas qu'au calomel, mais encore au bismuth, etc.; il s'agit donc d'un *principe général.*

II. De mes recherches PHYSIOLOGIQUES, sur le chien, il résulte que :

1° c'est dans l'estomac seulement que le calomel se transforme en sels solubles de mercure. Aussitôt arrivé dans l'intestin, il se transforme en sulfure de mercure absolument inattaquable.

2° L'inhalation d'ammoniaque, mettant l'animal expérimenté dans des conditions semblables à celles où il se trouverait si son foie était insuffisant pour transformer en urée les produits ammoniacaux charriés par la veine porte, donne une *augmentation considérable* dans la transformation du calomel en sels solubles de mercure.

L'ammoniaque contenu dans le sang et éliminé par les divers émonctoires, l'estomac en particulier, trouve là, soit de l'acide chlorhydrique, soit de l'acide lactique en cas de fermentations bactériennes. Il va donc se former un sel d'ammoniaque de façon ininterrompue et en quantité variable, mais, en tous cas, propre à transformer le calomel.

GÉOLOGIE. — *Sur la terminaison occidentale de la Sainte-Baume.* Note de M. ÉMILE HAUG, présentée par M. Pierre Termier.

La chaîne de la Sainte-Baume, bien connue des pèlerins et des touristes, est également pour les géologues un lieu classique. C'est en effet ici que Marcel Bertrand signala, il y a près de 30 ans, les premiers plis couchés de la Provence. La chaîne s'étend, sur une longueur d'environ 12^{km}, avec une direction WSW-ENE, du Baou de Bretagne au Pic de Saint-Cassien. Son front nord forme une falaise abrupte, qui domine le plateau du Plan-d'Aups, tandis que son flanc méridional descend en pente douce vers le Sud. Marcel Bertrand a montré, dès 1884, qu'elle est constituée par une *série renversée*, allant de l'Aptien au Jurassique supérieur, comprise entre deux séries normales. La *série normale inférieure* forme en quelque sorte le socle de la Sainte-Baume; elle comprend, au-dessus du Jurassique et séparé souvent des *calcaires blancs* par une couche de bauxite, un Crétacé, réduit à ses termes les plus élevés, qui forme le plateau du Plan-d'Aups. La *série normale supérieure* comprend les lames triasiques et jurassiques de

Signes, de Riboux et de Cuges. Les relations tectoniques de ces trois séries dans le ravin de Saint-Pons, qui marque la limite occidentale de la chaîne, ont attiré particulièrement mon attention. Leur étude est grandement facilitée par les coupures profondes dues à l'érosion et par le tracé de la nouvelle route, dont les nombreux lacets escaladent les pentes de Roque Forcade (¹).

La série normale inférieure, qui, à l'Est de l'Hôtellerie de la Sainte-Baume, plonge régulièrement au Sud, en s'enfonçant sous la série renversée, se replie, à partir du Plan-d'Aups, en anticlinal. Les calcaires à Hippurites forment un dos d'âne, dont les flancs sont constitués par les couches saumâtres campaniennes et par les argiles bariolées garumniennes. Entre le col de l'Espigoulette et celui de la Machine, qui conduisent du Plan-d'Aups au vallon de Saint-Pons, cet anticlinal possède une direction à peu près SW-NE, qu'il conserve jusqu'au point de convergence des principales branches du ravin, où il s'enfonce sous des séries plus élevées.

La série renversée du Baou de Bretagne est charriée, comme l'a montré Marcel Bertrand dans sa Note de 1900, sur un anticlinal parallèle au précédent, qui appartient également à la série normale du Plan-d'Aups. L'Aptien s'enfonce sous l'Urgonien et les calcaires de cet étage, après avoir subi un étirement momentané, bien figuré sur la coupe de Marcel Bertrand, reprennent leur épaisseur habituelle et forment, plus au Sud, une immense croupe rocheuse, exemple grandiose de terminaison périclinale. Ils s'enfoncent, à l'Ouest, au Sud et au Sud-Est, sous les terrains de la série normale supérieure.

Ici ce terme de *série normale supérieure* n'est plus très exact, car des lames de Jurassique renversé s'intercalent entre l'Urgonien renversé et le Jurassique normal de la série supérieure. Le long du chemin qui conduit des sources de Saint-Pons à Cuges, l'Urgonien s'enfonce soit sous des dolomies du groupe Oolithique moyen, soit sous les calcaires du Bathonien supérieur. Ces calcaires appartiennent au flanc inverse d'un anticlinal couché, car ils sont séparés d'une seconde barre de Bathonien supérieur par une bande de calcaires marneux du Bathonien inférieur. Les deux barres de Bathonien supérieur se retrouvent au Nord des moulins de Saint-Pons, et le noyau liasique de l'anticlinal apparaît le long de la route. La barre supérieure se poursuit sans interruption vers le Nord jusqu'au col de Roque Forcade. La barre inférieure est, par contre, coupée brusquement par une petite faille transversale, au delà de laquelle apparaît le noyau triasique de l'anticlinal, surmonté de toute la série normale, de l'Hettangien au Bathonien supérieur. Le flanc inverse a entièrement disparu et l'Urgonien renversé est en contact direct avec le Trias supérieur. Plus haut, l'Hettangien apparaît seul et forme une voûte qui s'appuie contre l'Aptien vertical de la série renversée. C'est la charnière du pli. Le Lias moyen et supérieur du flanc normal

(¹) Les courses que j'ai entreprises dans le massif de la Sainte-Baume ont été entreprises en vue de la revision des feuilles d'Aix et de Marseille de la Carte géologique. J'ai été secondé dans quelques-unes de ces courses par mon collaborateur, M. A. Lanquine.

constitue une barre rocheuse, orientée N-S, qui coupe successivement tous les lacets de la nouvelle route et qui, après avoir traversé le dernier, prend la direction E-W, pour décrire ensuite une grande boucle, enveloppant presque complètement l'affleurement de l'Hettangien. On est en présence de la charnière d'un grand pli couché dont la convexité est tournée vers l'Est. Le Lias du flanc inverse entame lui aussi les deux derniers lacets. Mais il y a plus. Les calcaires bathoniens à peu près horizontaux qui forment la crête déchiquetée de Roque Forcade et qui appartiennent au flanc normal du pli sont en continuité parfaite avec une barre rocheuse, dirigée NE-SW, qui descend du col de l'Espigoulette vers le fond du ravin, en décrivant une boucle semblable à celle du Lias, mais la charnière du pli couché prend ici une ampleur plus grande. Les calcaires constituant le flanc inverse peuvent être suivis vers le Sud-Ouest jusqu'au point où se réunissent les trois ramifications principales du ravin. Leur épaisseur est très variable, ce qui tient au laminage intense qu'ils ont subi et qui se traduit par la présence d'innombrables veines spathiques.

En reliant entre elles les charnières de l'Hettangien, du Lias moyen et du Bathonien, on constate que la trace de la surface axiale du pli couché est une ligne sinueuse : SE-NW au sud de la source de Saint-Pons, elle devient SSW-NNE et SW-NE dans la partie inférieure du ravin, puis S-N et WSW-ENE dans la partie supérieure. C'est avec cette dernière direction que le pli passe sur le versant du Plan-d'Aups, mais ici l'érosion n'a plus rien laissé subsister des charnières, et le flanc inverse, très étiré, n'apparaît que dans deux petites fenêtres, sous le Lias charrié qui sépare le massif autochtone de la Lare du socle de la Sainte-Baume.

Le pli couché que je viens de décrire est en continuité avec un pli du versant sud de la chaîne, qui vient de Riboux et passe au Nord de Cuges, pour contourner ensuite la terminaison périclinale de l'Urgonien renversé. Sur le versant ouest du ravin de Saint-Pons ce même pli couché est déversé vers l'Est et vers le Sud-Est; il recouvre d'abord le bord occidental de la série renversée, puis la terminaison de la série normale inférieure. Il a subi une conversion d'environ 180° et s'est moulé en quelque sorte autour de l'extrémité sud-ouest de la Sainte-Baume, ainsi que l'avait admis tout d'abord Marcel Bertrand. Il convient dès lors d'écarter l'hypothèse d'une nappe unique, originaire du Sud, qui aurait primitivement recouvert toute la chaîne, hypothèse que Marcel Bertrand avait émise plus tard et à laquelle s'est rallié récemment M. Repelin.

GÉOLOGIE. — *Observations tectoniques aux environs de Grasse.* Note de MM. **Léon Bertrand** et **Antonin Lanquine**, présentée par M. Pierre Termier.

De nouvelles observations faites dans l'angle SW de la feuille « Nice » de la Carte géologique détaillée au $\frac{1}{80000}$, en particulier dans la partie comprise entre le plateau de Roquevignon, au nord immédiat de Grasse, et les gorges du Loup, au nord de Gourdon, nous ont permis de constater quelques faits qui viennent à l'appui de l'hypothèse que l'un de nous a récemment émise au sujet de la tectonique de cette région (¹).

Une coupe de détail, relevée dans le Jurassique, depuis la partie haute de la ville de Grasse jusqu'au bord du plateau élevé qui la domine au nord, met en évidence des répétitions de couches bathoniennes, bajociennes, hettangiennes et rhétiennes dont l'ensemble a le même plongement N-NW et présente de larges ondulations. Voici les termes stratigraphiques qui se superposent, dans la coupe en question, de haut en bas :

Bajocien (lame du sommet du plateau);
Bathonien (masses exploitées du plateau de Roquevignon);
Bajocien;
Hettangien;
Bathonien (sans Bajocien siliceux);
Hettangien (réduit);
Rhétien (plusieurs lits argileux très nets);
Hettangien;
Rhétien.

C'est là une succession d'assises en apparence toutes concordantes, mais qui sont manifestement répétées par des plis couchés isoclinaux. De notables réductions affectent les flancs inverses de ces plis dont les charnières du côté sud ont été profondément érodées et ne semblent pas subsister. Vers le nord, au contraire, la constance de direction des mêmes plis depuis le village de Cabris jusqu'au delà du Bar permet de suivre leurs intersections avec une surface topographique assez complexe et coupée de plusieurs ravins. Quelques-unes de ces intersections paraissent établir le sens nettement provençal de la poussée.

Si l'on continue la montée vers le hameau de Gourdon, on franchit une nouvelle masse bathonienne, celle du plateau de la Sarée, dans laquelle

(¹) *Comptes rendus somm. Soc. géol. de France*, n° 2, 1913, p. 15.

nous avons noté d'importantes répétitions, analogues aux précédentes. Nous avons constaté, en outre, en coupant ces bancs bathoniens, des phénomènes de laminage très nets, qu'une dolomitisation assez inégalement répartie dans les termes de la série oolithique inférieure ne dissimule que rarement. Au-dessus, se place l'ensemble formé par les calcaires jaune clair, les calcaires sublithographiques et les dolomies du groupe oolithique moyen. On peut suivre la continuité de cet ensemble de l'autre côté du ravin du Loup, vers l'est. Le Jurassique supérieur surplombe toute cette série et s'aligne comme elle dans une direction WSW-ENE. Il forme une succession de bancs résistants et compacts, sur une des avancées desquels est perché le petit village de Gourdon.

Or, en dépassant ce village vers le nord pour s'engager dans la profonde entaille de la gorge du Loup, on constate, à l'est, l'existence très nette du chevauchement de la montagne de Courmettes sur ce substratum jurassique précédemment considéré. Un accident, photographié par l'un de nous, replie en Z le front des calcaires jurassiques chevauchants, au-dessus des bancs rigides du Jurassique supérieur, qui forment la partie élevée de la série chevauchée et qui ne montrent aucune trace de ce reploiement.

Mais le sens de la poussée se montre ici totalement indépendant de celui de l'ensemble sous-jacent et paraît lui être presque opposé. On acquiert avec certitude, en analysant cet accident du sommet de Courmettes, la notion d'une répercussion alpine sur un complexe jurassique, de direction provençale et plongeant habituellement vers le N-NW.

En traversant les gorges, vers la rive gauche du torrent, l'ampleur du phénomène tectonique se précise. Et, vers l'ouest, cette fois, on aperçoit la continuité de la série chevauchante, qu'un long replat crétacé sépare du Jurassique supérieur de Gourdon.

Il paraît résulter, dès maintenant, des observations effectuées par nous en ces différents points, qu'on se trouve en présence d'une partie de la nappe provençale dont le bord supérieur a été repris par un mouvement ultérieur, d'origine alpine et de sens légèrement dévié.

PALÉONTOLOGIE. — *Mammifères miocènes de Palencia, dans la* Meseta *espagnole*. Note de M. E. **Hernandez-Pacheco**, présentée par M. Edmond Perrier.

A 1^{km} de Palencia, juste au centre de la grande *Meseta* tertiaire de la Vieille-Castille, j'ai fait des fouilles, en compagnie de M. Juan Dantin,

attaché au Laboratoire de Géologie du Muséum de Madrid, dans un gisement récemment découvert, où nous avons trouvé une faune riche en Vertébrés fossiles qui permettent d'établir l'âge des vastes dépôts tertiaires de la *Meseta* espagnole.

Voici la liste provisoire des espèces que nous y avons recueillies : *Trochictis toxodon* Lart.; *Prolagus* af. *Meyeri; Listriodon splendens* H. von Meyer var. *major* Roman; *Dorcatherium* af. *Naui Palæoplatyceros hispanicus* sp. nov.; *Palæoplatyceros palentinus* sp. nov.; *Anchitherium aurelianense* Cuv.; *Anchitherium* af. *aurelianense; Acerotherium* sp.; *Rhinoceros sansaniensis* Lart.; *Rhinoceros* sp. (taille *R. minutus* Cuv.); *Dinotherium giganteum* Kaup.; *Mastodon pyrenaicus* Lart.; *Anas* sp.; *Testudo* af. *perpiniana*.

Cette faune est celle qui caractérise le Miocène moyen de l'Europe, et la plupart des espèces découvertes sont nouvelles pour la faune miocène de l'Espagne.

Il est possible que quelques-unes des espèces qui figurent comme voisines soient des espèces nouvelles; pour en décider, il faudrait une étude plus minutieuse et plus approfondie que l'examen rapide et préliminaire que nous avons pu en faire.

Avec les Mammifères se trouve un Oiseau que nous avons pu déterminer par un os furculaire comme appartenant au genre *Anas*, dont les espèces seraient très abondantes dans le Miocène espagnol. Avant cette récente découverte, on avait trouvé à Cevico de la Torre, près de Palencia, dans la couche des marnes gypseuses, des œufs fossiles qui appartiennent au genre précité.

Nous avons également recueilli un humérus de Tortue, avec quelques fragments de carapace dont la forme et la grandeur se rapprochent de la *Testudo perpiniana* du Pliocène; l'espèce de Palencia en est cependant différente.

Mais ce qui donne un caractère tout spécial à la faune miocène de Palencia, c'est l'apparition d'un groupe nouveau de Cervidés que nous désignons sous le nom générique de *Palæoplatyceros*, eu égard à ce qu'ils représentent les plus anciennes espèces de Cervicornes avec bois aplatis, qu'on supposait n'apparaître que dans le Pliocène.

Par leur taille, ces ruminants coïncident avec les *Muntjacks* vivants et avec les *Dicroceros* du Miocène moyen. Les quatre bois que nous avons recueillis presque entiers, ainsi que cinq fragments d'autres bois, nous ont servi de base pour établir notre détermination.

Les *Palæoplatyceros* étaient des *Cervulinæ* avec un long pédoncule ou tige

frontale, de contour cylindrique et de 3cm à 7cm de longueur sur laquelle la ramure était insérée au moyen d'un petit cercle de pierrures, présentant des indices que les bois devaient être caducs et se renouveler avec l'âge. La ramure est aplatie depuis la base, auprès de la couronne de pierrures, sans présenter aucune portion cylindrique, comme c'est le trait caractéristique des Élans et des Daims.

Nous estimons que les exemplaires de Palencia correspondent à deux espèces, dont l'une, que nous désignons sous le nom de *Palæoplatyceros hispanicus* Hernan.-Pach., est caractérisée par la ramure en forme d'éventail, sans appendices cylindriques. Coniques chez les jeunes sujets, ces appendices n'apparaissent que progressivement avec l'âge lorsque les bois se renouvellent; c'est ainsi qu'on observe, chez les vieux sujets, trois appendices cylindriques-coniques qui accompagnent la plaque en forme d'éventail : l'un, basilaire, dans le plan normal à la ramure, et les deux autres, dans le même plan, dont l'un est antérieur et basilaire et l'autre postérieur et apical. L'autre espèce, que nous désignons sous le nom de *Palæoplatyceros palentinus* Hernan.-Pach., présente le pédoncule de moitié moins long que dans l'espèce antérieure (3cm à 4cm) et d'une égale épaisseur (12mm à 15mm); la ramure a une forme triangulaire allongée et s'élargit graduellement vers le sommet, la section transversale de la ramure étant également triangulaire.

Les dents, ainsi que d'autres os (tibia, humérus, astragale), offrent de grandes analogies avec celles des *Dicroceros* et *Palæomeryx*.

Quant à la structure lithologique du gisement, elle est constituée comme suit :

1° A la base, par des argiles plastiques d'une épaisseur au-dessus de 50m;

2° Par une couche mince marneuse et noirâtre, qui supporte un conglomérat de cailloux calcaires formant un lit de 10cm à 15cm d'épaisseur, dans lequel nous avons trouvé les os détachés et roulés par le charriage des fleuves; sur ce lit, un terrain sablonneux de 8m d'épaisseur et de stratification croisée;

3° Par l'horizon ou couche des marnes gypseuses dont l'épaisseur atteint 50m;

Et 4° dans les coteaux avoisinants, on observe la superposition d'une couche supérieure de calcaires blancs, compactes et siliceux, renfermant des *Limnæa*, *Planorbis* et *Helix*.

Tout semble donc indiquer que les dépôts centraux des deux Castilles sont d'origine fluviale et palustre, régime qui dominerait dans la région durant le Miocène moyen et le Miocène supérieur. L'âge du gisement, à en juger par la faune, semble correspondre au *Vindobonien* et, dans les divisions de ce terrain, au *Tortonien*.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur une expédition pour l'observation des aurores boréales à Bossekop, au printemps de* 1913. Note (¹) de M. **Carl Störmer**, présentée par M. P. Appell.

Nous allons donner ici, en un court résumé, les résultats obtenus pendant une expédition récente à Bossekop, expédition entreprise pour compléter les résultats obtenus en 1910 (²).

Comme assistant j'avais, comme en 1910, le météorologue Bernt Johannes Birkeland, qui est désigné pour prendre part à l'expédition de M. Roald Amundsen au pôle Nord.

Grâce à l'expérience acquise en 1910, il nous a été possible d'obtenir cette fois-ci des résultats bien supérieurs. En effet, du 28 février au 1er avril, nous pûmes prendre 636 paires de photographies simultanées d'aurores des deux stations de Bossekop et de Store Korones, cette dernière station étant située à 27km environ au nord de Bossekop. Parmi ces photographies, 450 paires sont bien réussies et fournissent des matériaux suffisants pour calculer avec une grande précision la forme, la situation et l'altitude de toutes les principales espèces d'auroles boréales. Nous donnons dans la planche I un de ces photogrammes d'aurores montrant des draperies dans la région des Pléiades.

Nous pûmes aussi prendre, exactement en même temps que les photogrammes d'aurores, quelques photographies avec un prisme-objectif consistant en un prisme (³) de 60° d'angle placé en avant de l'objectif kinostigmat. Sur ces photographies on peut voir, en même temps que les spectres d'étoiles, plusieurs images superposées d'aurores, correspondant aux diverses lignes spectrales. Cette méthode rendra de grands services pour l'étude des hautes régions de l'atmosphère.

Nous avions aussi, ainsi qu'en 1910, emporté un cinématographe pour essayer de nouveau d'obtenir des séries d'images de l'aurore. La plupart des essais furent infructueux à cause de la faible luminosité de l'aurore.

(¹) Présentée dans la séance du 9 juin 1913.

(²) Voir *Bericht über eine Expedition nach Bossekop*. etc. (*Videnskabs selskabets Skrifter*, *Mat. Natur. Klasse*, 1911, Christiania), et *Comptes rendus*, 13 juin 1910 et 1er mai 1911.

(³) Relativement à ce prisme, j'avais obtenu des renseignements très utiles de M. le Dr Slipher lors d'une visite à l'Observatoire de Flagstaff, l'été de 1912.

Cependant trois fois, pendant des aurores très intenses, nous réussîmes à obtenir des séries avec une durée d'exposition de $0^s,5$ à 1 seconde pour chaque image. Nous reproduisons en négatifs sur la planche II quelques parties d'une autre série d'environ 100 photographies obtenues le 8 avril vers minuit, avec une durée d'exposition pour chaque image d'environ 4 secondes; ces séries prouvent en tous cas l'utilité du cinématographe, non seulement pour obtenir des séries d'images, mais encore pour obtenir des photogrammes ordinaires, de deux stations.

Les résultats de l'expédition feront l'objet d'un Mémoire détaillé subséquent.

M. **Pierre Idrac** adresse une Note intitulée : *Recherches expérimentales sur le vol plané.*

M. **A. Magnan** adresse une Note intitulée : *La morphologie des Oiseaux appliquée au calcul des dimensions d'une aviette.*

(Ces deux Notes sont renvoyées à la Commission d'Aéronautique.)

M. **H. Parenty** adresse une Note sur un régulateur de température.

(Renvoi à l'examen de M. Bouty.)

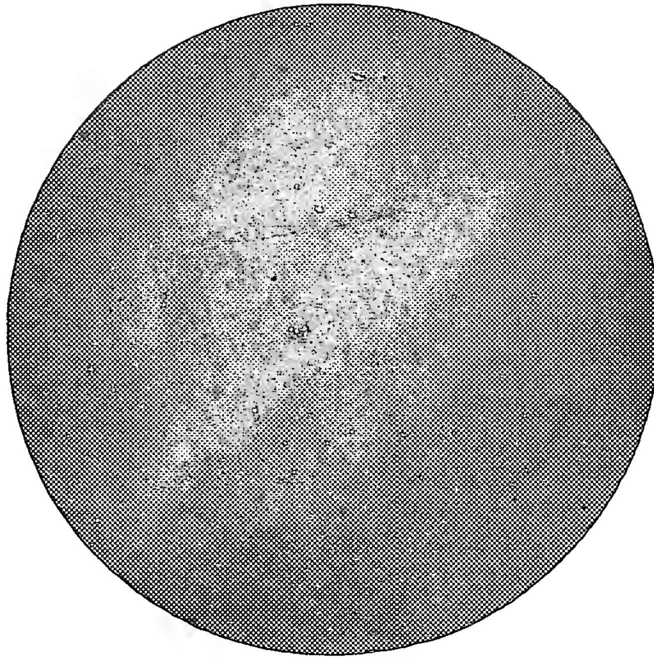
A 4 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

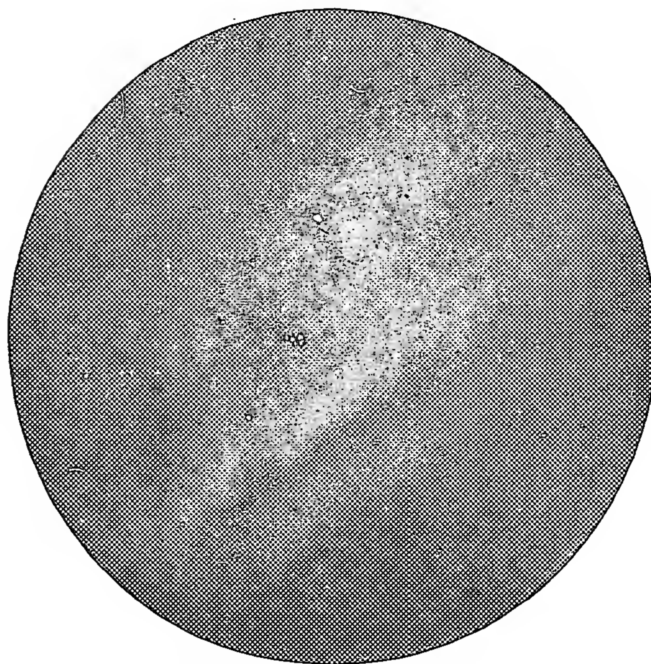
M. le **Secrétaire perpétuel** donne lecture du Décret présidentiel, en date du 10 juin 1913, approuvant le Règlement proposé par l'Académie en ce qui concerne le mode de nomination des Membres non résidents.

RÈGLEMENT RELATIF AUX MEMBRES NON RÉSIDENTS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES, ADOPTÉ DANS LES COMITÉS SECRETS DES 10 FÉVRIER ET 31 MARS 1913.

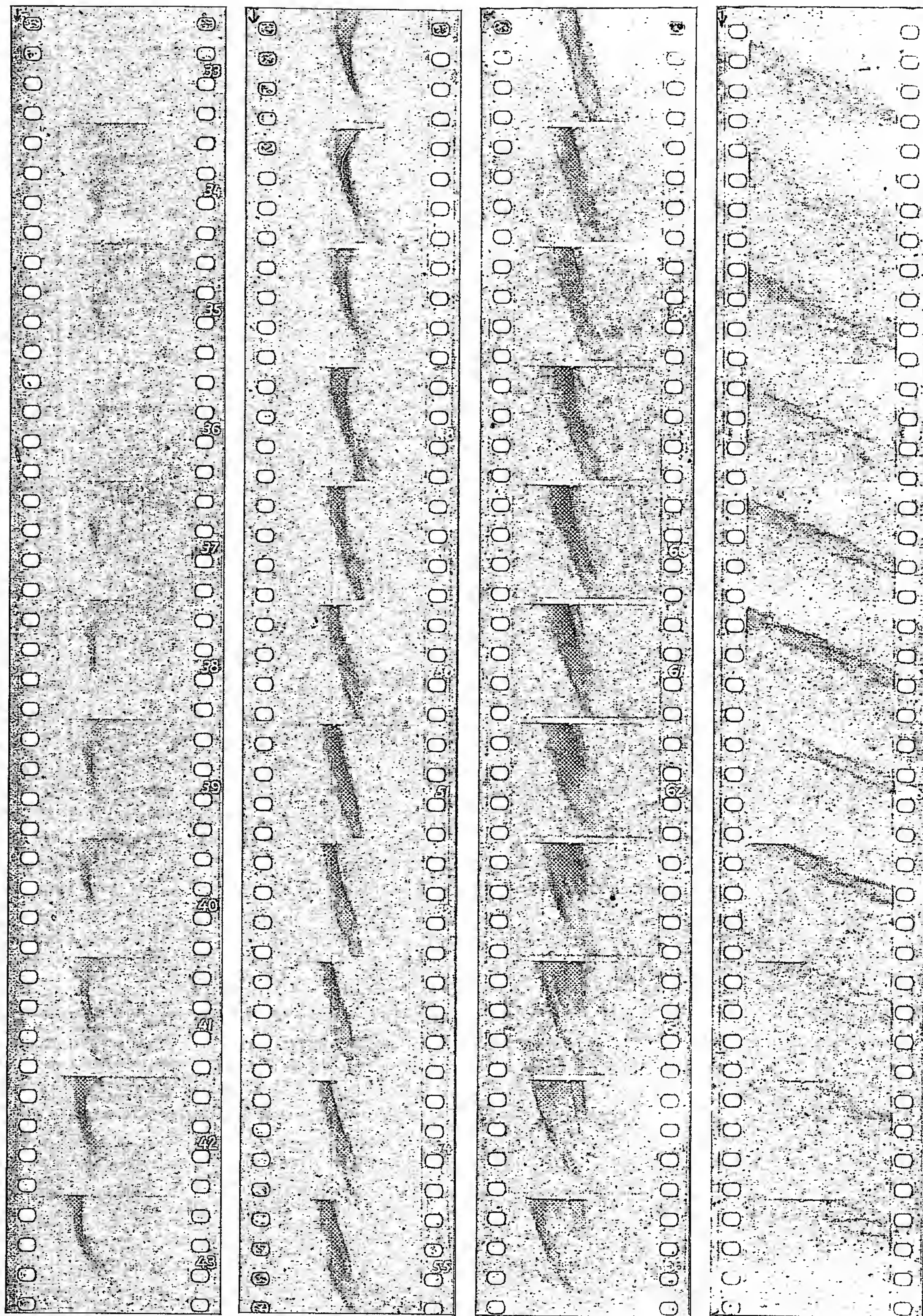
« Les places de Membres non résidents sont réservées aux savants fran-
» çais qui résident hors des départements de la Seine et de Seine-et-Oise.



Photographie de Bossekop.



Photographie de Store Korsnes.
Aurore boréale du 3 mars 1913, $10^h 36^m$, temps moyen de l'Europe centrale.



Séries cinématographiques d'une aurore boréale vers l'ouest observée à Bossekop, le 8 avril, entre minuit et minuit un quart. Les négatifs sont numérotés dans l'ordre chronologique. On remarque sur la dernière série, les plis intéressants que fait le bord inférieur de la draperie, alors au zénith. Les étoiles appartiennent à la Grande Ourse.

» Nul ne peut être nommé Membre non résident s'il n'est déjà Correspondant de l'Académie.

» Les Membres non résidents peuvent prendre part aux travaux de l'Académie dans les mêmes conditions que les Académiciens libres actuels, mais n'ont droit de suffrage que dans le cas où il s'agit de remplacer l'un d'eux.

» Pour l'élection à une place vacante de Membre non résident, les mêmes règles seront suivies que pour l'élection d'un Académicien libre, avec cette seule différence que la Commission chargée de dresser une liste de présentation sera composée de deux Membres pris dans les Sections mathématiques, de deux Membres pris dans les Sections physiques, de deux Membres non résidents et du Président de l'Académie. »

Après lecture de ce Règlement, l'Académie décide que la nomination de la Commission chargée de présenter une liste de candidats à la première des trois places vacantes de Membres non résidents aura lieu dans la séance publique du 13 octobre.

La séance est levée à 4 heures et demie.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 2 juin 1913.

Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. *Caisse des Recherches scientifiques, année* 1912. *Rapport annuel adressé au Président de la République française*, par M. Alfred Picard. Melun, 1912; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Darboux, de la part de M. Flourens, Conseiller d'État, Président actuel du Conseil d'administration de la Caisse des Recherches scientifiques.)

Introduction à la Chirurgie utérine obstétricale, par A. Couvelaire, Paris, G. Steinheil, 1613; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Guyon.)

La sécrétion pancréatique, par Émile-F. Terroine. Paris, A. Hermann et fils, 1913; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Dastre. Hommage de l'auteur.)

Mise en valeur des moyennes et basses chutes d'eau en France, par Henri Bresson; préface de M. Max de Nansouty; 2e édition augmentée d'un supplément.

La répartition géographique des Océans et la détermination du Pôle continental, par M. Alphonse Berget. (*Annales de l'Institut océanographique;* t. V, fasc. 9, p. 1-12.) Corbeil, imp. Crété, 1913; 2 feuilles in-4°.

Mémorial de l'Artillerie navale, 3e série, t. VII, 1re livraison de 1913. Paris, Imprimerie nationale, 1913; 1 vol. in-8°.

Recueil des travaux du Conseil départemental d'Hygiène de la Gironde, année 1912, publié par les soins de M. L. Barthe; t. VI. Bordeaux, imp. Ragot, 1913; 1 vol. in-8°.

Contribution à l'étude des oxydes anhydres des métaux alcalins, par M. E. Rengade. Paris, Gauthier-Villars, 1907; 1 fasc. in-8°.

M. E. Rengade adresse en outre les quatre opuscules suivants :

Recherches sur les chaleurs de formation des protoxydes alcalins.

Sur la forme théorique des courbes de refroidissement des mélanges binaires.

Recherches sur les sous-oxydes de cœsium.

Les méthodes chimiques pour l'étude des alliages.

Mémoires de l'Académie des Sciences, Inscriptions et Belles-Lettres de Toulouse, 10e série, t. XII. Toulouse, Douladoure-Privat, 1912; 1 vol. in-8°.

Chronique illustrée du Concours international de Télégraphie pratique, Turin, 1911, par Ferdinando Geronimi. Milan, chez l'auteur, s. d.; 1 vol. in-4°.

Revista technica del Ministerio de Obras publicas, Caracas, Venezuela; año 3°, número 27, marzo 1913. Caracas; 1 fasc. in-4°.

Annual report of the board of regents of the Smithsonian Institution, 1911. Washington, 1912; 1 vol. in-8°.

Memoirs of the National Academy of Sciences; t. X, 1905-1910. Washington, 1911; 1 vol. in-4°.

ERRATA.

(Séance du 9 juin 1913.)

Note de MM. *E. Jungfleisch* et *L. Brunel*, Réactions entre l'eau et l'acide sulfureux à diverses températures :

Page 1720, ligne 9, *au lieu de* pour le changement des tubes, *lire* pour le chargement des tubes.

Page 1724, ligne 4, *au lieu de* du gaz sulfurique liquéfié, *lire* du gaz sulfureux liquéfié.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 JUIN 1913.

PRÉSIDENCE DE M. F. GUYON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du Décret qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. *Antoine-Alfred-Arnaud-Xavier-Louis, comte de Gramont*, pour occuper, dans la Section des Académiciens libres, la place vacante par le décès de M. *Alfred Picard*.

Il est donné lecture de ce Décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Arnaud de Gramont** prend place parmi ses Confrères.

M. **d'Arsonval** s'exprime en ces termes :

Les *Comptes rendus du deuxième Congrès national du Froid* qui fut tenu dernièrement à Toulouse, en septembre dernier, viennent d'être publiés par l'Association française du Froid.

Les deux Volumes qu'ils constituent sont la preuve palpable du succès de cette manifestation; les organisateurs eux-mêmes l'avaient espérée belle, mais ils n'avaient pas osé croire qu'elle attesterait aussi nettement les heureux résultats de la propagande menée en France depuis quelques années à ce sujet.

Rarement le bureau d'un Congrès, uniquement national, eut à classer autant de Rapports et de Communications; ceux-ci présentaient une infinie variété, et si certains d'entre eux ont trait à des sujets purement scientifiques,

d'autres, les plus nombreux, se rapportant à l'industrie, à l'agriculture, au commerce, ont un caractère essentiellement pratique.

Ces Rapports ont été répartis entre six sections.

Le froid, en effet, à peine domestiqué, a envahi à peu près toutes les branches de l'activité humaine.

La première Section du Congrès, présidée par M. d'Arsonval, a discuté les progrès accomplis dans la construction et dans la conduite des divers générateurs de froid. D'ailleurs, si ces questions y furent traitées par des savants et professeurs, comme MM. Sabatier, Mathias et Marchis, les constructeurs et les ingénieurs ne dédaignèrent pas y apporter une vaste documentation; des nombreux Rapports ont été présentés par MM. Maurice Leblanc, Juppont et Castéra.

Parmi les Communications les plus intéressantes se trouvent :

1. Une Communication de MM. Mathias, Kamerlingh Onnes et Crommelin, donnant le résultat de leurs recherches sur le diamètre de la courbe et la densité de l'argon. L'intérêt de cette étude était de constater que l'argon, premier corps monoatomique étudié en détail, obéissait à la loi du diamètre rectiligne comme les corps à molécules polyatomiques. Les recherches entreprises pour cette vérification ont été faites à des températures comprises entre —125°C. et —191°C.

2. M. Mathias a présenté quelques réflexions sur les états correspondants où il insistait sur la nécessité de fixer la terminologie en cours; à cet égard ce travail constitue un excellent Mémoire d'exposition et d'enseignement.

3. M. Moulin, Maître de conférences à la Faculté des Sciences de Besançon, et M. Vandoni ont donné la discussion d'un dispositif nouveau préconisé pour réduire le prix de revient de l'anhydride sulfureux liquide. Ce dispositif consiste : 1° à comprimer sous une pression suffisante le gaz sulfureux; 2° à le refroidir à une température convenable; 3° à consentir une perte sensible du gaz sulfureux dont on peut se débarrasser par dissolution dans l'eau ou par réaction sur le carbonate de soude pour obtenir du sulfite.

4. M. Paul Sabatier a présenté une Note dans laquelle il montrait le perfectionnement que l'emploi du froid permettait d'apporter à la méthode générale d'hydrogénation par catalyse et en a donné l'application industrielle en vue de la préparation du gaz méthane.

5. M. Maurice Leblanc a exposé, dans deux Notes successives, les raisons pour lesquelles il lui paraît que l'air ne peut être un agent frigorifique intéressant qu'aux très basses températures, et les résultats actuels de ses travaux sur l'emploi de la vapeur d'eau comme agent frigorifique.

6. M. Marchis, professeur à la Faculté des Sciences de Paris, a proposé d'unifier le mode d'évaluation et les définitions de puissance et rendement de machines frigori-

fiques en proposant de soumettre les définitions adoptées par la France à l'approbation du troisième Congrès international du Froid, qui doit se réunir en septembre prochain à Chicago.

La Section de beaucoup la plus importante a été la deuxième, placée sous la haute présidence de M. Armand Gautier, et qui a étudié les multiples applications du froid en agriculture.

Si le froid est employé directement ou indirectement, aujourd'hui, à peu près dans tous les genres d'industrie, cependant nulle part comme en agriculture ses applications ne sont aussi variées. Les très nombreux rapports soumis à l'examen de la deuxième Section concernent, en effet, soit la culture proprement dite, soit la préparation et la conservation des différents produits de nos industries agricoles.

La nouvelle organisation du commerce de la viande par les abattoirs régionaux a fait l'objet de nouvelles Communications de la part de MM. de Goer de Herve, J.-E. Lucas et de Marcillac, la question restant toujours à l'ordre du jour, tant au point de vue économique qu'à celui de la défense nationale. D'ailleurs les services que peut rendre le froid à la technique militaire, services qui avaient été seulement mentionnés, lors du dernier Congrès, ont attiré l'attention des nombreux et brillants rapporteurs.

Une terminologie concernant les différentes viandes frigorifiées a été adoptée, ce qui est fort utile étant donnée la différence de valeur marchande des viandes réfrigérées et des viandes congelées.

A côté de ces principales questions, d'autres ont été soulevées qui ne présentent pas moins d'intérêt pour la vie économique de notre pays, et des spécialistes ont indiqué toutes les améliorations qu'on peut apporter, par l'emploi du froid, en horticulture, en laiterie, en beurrerie, dans toutes les industries de fermentation, agricoles, et en œnologie, en particulier.

L'Association française du Froid a décidé, à la suite du Congrès, de créer une sous-section spéciale des applications du froid en œnologie, placée sous la haute présidence de M. le professeur Gayon, dans le but d'activer les études commencées dans cette voie.

De même, l'importance du rôle du froid, pour le développement économique de nos colonies, a été mise en lumière par des Communications de MM. Pégard et Rondet-Saint.

Un fait très marquant de ces Congrès a été l'inauguration d'une section des applications du froid à la médecine, dont M. le professeur Gariel avait accepté la présidence.

Depuis quelques années on a introduit l'emploi des agents physiques en

thérapeutique; le froid a donc été étudié dans ce but, et les résultats connus à ce jour ont été exposés, à Toulouse, dans plus de 20 Communications très intéressantes.

Les questions de transport, de législation et enseignement, soulevées par l'emploi du froid, ont été étudiées dans deux Sections spéciales qui ont entendu chacune environ 15 Communications. En partie, M. Marchis a esquissé un programme très complet des notions frigorifiques qu'il serait utile d'enseigner dans les diverses écoles agricoles.

Le Congrès s'est terminé par une brillante conférence de M. Georges Claude sur l'air liquide et l'air solide.

En résumé, par le nombre et la valeur des Communications, par l'importance et la fécondité des discussions qu'elles ont provoquées, par l'éclat scientifique et la renommée mondiale des savants qui s'y sont rencontrés, ce Congrès a marqué une glorieuse étape dans le développement de la Science française du Froid.

M. **Francotte** fait hommage à l'Académie d'une Conférence intitulée : *Le troisième œil des Vertébrés.*

CORRESPONDANCE.

M. **Maurice Leblanc** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

La deuxième édition de : *Savants du jour. Gaston Darboux. Biographie, bibliographie analytique des écrits*, par Ernest Lebon. (Présenté par M. Émile Picard.)

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur le minimum actuel des taches du Soleil.* Note de M. **J. Guillaume**, présentée par M. B. Baillaud.

Les phénomènes solaires enregistrés à l'Observatoire de Lyon présentent actuellement un calme remarquable. Depuis le 12 avril dernier et jusqu'à

présent (23 juin), soit pendant 73 jours, nous n'avons noté, au moment des observations, aucune tache sur le disque du Soleil.

Ainsi cette période *sans taches* dépasse en durée celle de 67 jours (31 décembre 1911-6 mars 1912) signalée antérieurement (¹).

Malgré les signes habituels du commencement d'un nouveau cycle d'activité qui se sont manifestés à la fin de 1912 (²) et au commencement de 1913 (³), la conclusion donnée dans les résultats de nos observations du premier trimestre de 1912 (¹) se justifie davantage : les observations ultérieures sont nécessaires pour fixer l'*époque* du minimum actuel des taches du Soleil.

D'autre part, en ce qui concerne les *régions d'activité*, les jours où le disque solaire se montre dépourvu de facules sont fréquents.

OPTIQUE. — *Sur la détermination expérimentale de l'énergie lumineuse absorbée dans une réaction photochimique.* Note de M. **A. Tian**, présentée par M. Lippmann.

L'évaluation de l'énergie lumineuse absorbée pour effectuer une transformation photochimique présente un grand intérêt. Elle est nécessaire, par exemple, lorsqu'on veut rapporter l'effet chimique de la lumière au travail fourni et en particulier quand, cet effet correspondant à un accroissement de l'énergie interne du système chimique, on désire mesurer le *rendement* de la transformation.

La puissance lumineuse absorbée peut être évaluée par le calcul en déterminant, au préalable, la composition de l'éclairement incident, l'intensité de chaque radiation et le coefficient d'absorption de la substance réagissante pour chacune d'elles (⁴). Il paraît préférable d'utiliser une méthode de mesure donnant *directement* l'énergie absorbée par seconde. Le dispositif expérimental très simple qu'on va décrire répond à ce but.

Une pile thermoélectrique dont les deux faces sont noircies est reliée à un galvanomètre. La face antérieure de la pile est éclairée par la source utilisée plus tard dans les expériences chimiques; l'autre face peut recevoir

(¹) *Comptes rendus*, t. 155, p. 810.
(²) *Comptes rendus*, t. 156, p. 1132.
(³) *Comptes rendus*, t. 156, p. 1357.
(⁴) Cette méthode d'évaluation de l'énergie absorbée a été utilisée par MM. V. Henri et R. Wurmser (*Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1013, et *Journ. de Phys.*, 5ᵉ série, t. III, 1913, p. 305).

également un éclairement, de préférence de la *même* source lumineuse, réglable par un diaphragme. On procède, dans une expérience préliminaire, à une sorte de *tare* de l'appareil. On place, devant une des faces de la pile, par exemple celle qui est directement éclairée par la source, la cuve qui servira plus tard de vase à réaction, cette cuve étant vide ou pleine d'un solvant, suivant qu'on opérera avec un gaz ou une solution. On règle ensuite le rapport des éclairements reçus par la pile, en agissant sur le diaphragme, de manière à ramener le galvanomètre au zéro; cette position d'équilibre est indépendante des variations accidentelles de la source lumineuse, si les deux faces de la pile reçoivent le même rayonnement.

La tare faite, le système à étudier (gaz, solution étendue) est placé dans la cuve : du fait de l'absorption déterminée par la substance sensible à la lumière, le galvanomètre dévie d'un angle *proportionnel à la quantité à mesurer*. Il est possible de faire ainsi des déterminations absolues : il suffit d'éclairer, dans une troisième expérience, la face antérieure seule de la pile par une source dont le rayonnement total est connu (corps noir, lampe Heffner), placée à une distance déterminée, et de lire la déviation du galvanomètre pour savoir à combien d'énergie absorbée par seconde correspond une déviation de 1^{mm} de l'échelle du galvanomètre.

Application à l'étude de la décomposition photochimique de l'eau oxygénée. — Il était intéressant de voir si, pour cette réaction particulière, il y aurait proportionnalité entre la quantité de matière modifiée et l'énergie lumineuse absorbée indépendamment de *toute condition expérimentale*, pareille relation devant déjà exister, ainsi que je l'ai montré, en lumière monochromatique ([1]). Toutefois, l'eau oxygénée étant absorbante dans l'infrarouge ([2]) sans être décomposée, on ne peut espérer trouver un rapport constant entre la cause et l'effet *quelle que soit la longueur d'onde :* mais il se pourrait *a priori* qu'elle se vérifie dans l'ultraviolet, où, à partir de 3500 angströms, l'eau oxygénée est à la fois opaque et sensible à la lumière. Cette hypothèse paraît d'autant plus naturelle qu'avec le coefficient d'absorption a, le pouvoir photochimique φ (vitesse de réaction pour l'éclairement 1) semble croître avec la fréquence de la radiation, en sorte que le rapport $\varphi : a$ pourrait être constant et il y aurait alors *nécessairement* proportionnalité entre l'action chimique et l'énergie absorbée ([3]).

([1]) A. Tian, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1601.
([2]) Friedel, *Wied. Annalen*, t. LV, 1895, p. 453.
([3]) A. Tian, *loc. cit.*

J'ai donc mesuré d'une part la vitesse de décomposition de l'eau oxygénée, et d'autre part la puissance lumineuse dissipée, en utilisant la méthode qui vient d'être décrite. La source lumineuse était une lampe à vapeur de mercure dont on arrêtait le rayonnement infrarouge par un écran d'eau d'épaisseur suffisante (¹). On faisait varier d'une expérience à l'autre l'éclairement moyen des molécules d'eau oxygénée en intensité et en *qualité* en modifiant la dilution de la solution exposée.

Le Tableau suivant donne pour différentes concentrations C (exprimées en milligrammes par centimètre carré), la vitesse V de la réaction chimique (milligrammes d'eau oxygénée décomposés par centimètre carré et par heure), W la puissance lumineuse absorbée par centimètre carré (déviations du galvanomètre en millimètres) et enfin ρ rapport entre ces deux quantités :

C.....	42,4	5,8	0,976	0,195	0,0652	0,0216
V.....	3,69	0,887	0,254	0,0762	0,0258	0,00852
W....	119	68	39	16	7	3
ρ.....	0,0310	0,0130	0,0065	0,0047	0,0037	0,003

Il s'en faut donc de beaucoup que la quantité ρ soit constante. *Dans la décomposition photochimique de l'eau oxygénée, il n'y a donc pas proportionnalité entre l'action chimique et l'énergie absorbée*, même lorsqu'on opère en lumière ne renfermant pas de radiation infrarouges. Si l'on remarque que dans les réactions photochimiques endothermiques le rendement croît, en général, avec la fréquence de la lumière, et que même dans un cas tel que celui de l'eau oxygénée il n'y a pas rapport constant entre la cause et l'effet, il semble qu'à moins d'opérer dans une région très limitée du spectre (²), la prétendue loi de proportionnalité soit tout à fait exceptionnelle (³).

(¹) Fabry et Buisson, *Comptes rendus*, t. **152**, 1911, p. 1838.

(²) Lasareff, *Annalen der Physik.*, 4ᵉ série, t. XXIV, p. 661 et 812.

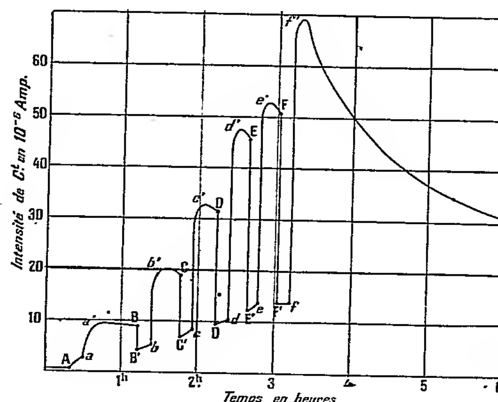
(³) MM. V. Henri et R. Wurmser (*Journ. de Phys.*, 5ᵉ série, t. III, 1913, p. 305) ayant constaté, dans un certain nombre de transformations photochimiques, que la quantité de matière modifiée, rapportée à l'unité d'énergie lumineuse *absorbée*, variait avec la radiation incidente comme le coefficient d'absorption en ont déduit à tort une proportionnalité entre l'action chimique et la puissance lumineuse fournie. Cette conclusion eût été valable si les auteurs avaient observé, dans ces conditions, la *constance* de la quantité de matière transformée.

PHYSIQUE. — *Sur un phénomène photo-électrique présenté par l'anhydride sulfureux liquéfié.* Note de M. **Jacques Carvallo**, présentée par M. E. Bouty.

Dans une Communication précédente (¹) j'ai montré que l'anhydride sulfureux liquide, soumis entre deux électrodes de platine à une différence de potentiel constante, est traversé par un courant qui diminue et tend vers une valeur limite. L'expérience était faite dans l'obscurité; or le phénomène est sensible à l'action de la lumière, ainsi que le montrent les expériences suivantes :

Un tube scellé en verre contient de l'anhydride sulfureux liquéfié; deux lames de platine forment électrodes; le liquide peut être éclairé au moyen d'un faisceau de lumière perpendiculaire à la direction du champ et fourni par un arc électrique.

On établit, dans l'obscurité, une différence de potentiel constante entre les deux électrodes; lorsque le courant a atteint sa valeur limite, on soumet le liquide à des alternatives de lumière et d'obscurité et l'on observe en même temps l'intensité du



courant. La courbe Aaa'BB'bb' ... représente l'intensité en fonction du temps dans une expérience où la tension constante avait pour valeur 440 volts. Le courant limite avant l'expérience était égal à $0,37.10^{-6}$ ampère. Les points A, B, C, ... correspondent aux allumages, les points a, b, c, ... correspondent aux extinctions de la source. Après la sixième extinction f, la courbe passe par un maximum f' correspondant à 60.10^{-6} ampère. Enfin, 48 heures après cette dernière extinction, l'intensité était, dans l'obscurité, retombée à la valeur $0,67.10^{-6}$ ampère, voisine de la valeur initiale.

Chaque allumage provoque une brusque diminution de courant; chaque extinction, une brusque augmentation. La grandeur de ces variations brusques dépend de la

(¹) J. Carvallo, *Comptes rendus*, 24 octobre 1910.

constitution et de l'intensité de la source; elle augmente avec l'intensité du courant qui traverse le liquide au moment où l'on fait l'expérience : nul au premier allumage A, cet effet augmente à chaque alternative de lumière et d'obscurité, le dernier allumage faisant tomber l'intensité de 51 à $13,9.10^{-6}$ ampère; au contraire, l'effet diminue et tend vers zéro si on laisse le courant traverser le liquide dans l'obscurité assez longtemps. Enfin, l'augmentation brusque due à une extinction est supérieure à la diminution due à l'allumage immédiatement antérieur; toutefois, la différence de ces deux changements diminue et tend vers zéro avec l'intervalle de temps qui les sépare.

J'appelle *effet négatif* le changement brusque qui accompagne un allumage ou une extinction. J'appelle, au contraire, *effet positif* l'effet lent de signe contraire qui succède à l'effet négatif et qu'on reconnaît sur les fragments de la courbe tels que a'B, B$'b$, b'C, ...

J'ai établi expérimentalement les points suivants :

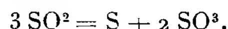
1° Les deux effets, positif et négatif, ont leur siège dans *la masse même du liquide* et non à la surface des électrodes;

2° Ils sont dus aux *radiations ultraviolettes* (absorbables par la quinine) que laissent encore passer les parois de verre du récipient;

3° Ils sont produits *simultanément par les mêmes radiations*.

La séparation du phénomène en deux effets, loin d'être purement formelle, représente la réalité des choses : une étude minutieuse, dans les détails de laquelle il m'est impossible d'entrer ici, prouve qu'il s'agit bien de la superposition de deux phénomènes distincts.

1° L'effet positif résulte de la réaction



$$3\,SO^2 = S + 2\,SO^3.$$

Cette réaction se produit sous l'action de la lumière; les produits de cette réaction restent en solution dans SO^2 et augmentent la conductibilité du liquide; à l'obscurité, au contraire, ces produits sont entraînés par le courant en dehors du champ par un mécanisme analogue à celui des épurations électriques que j'ai signalées dans des Notes précédentes.

2° Loin d'être dû à une réaction chimique, l'effet négatif paraît de nature purement physique : son existence, en effet, est liée non seulement à la présence des impuretés produites par l'action de la lumière, mais encore au passage prolongé d'un courant continu, comme le montre la nouvelle expérience suivante : On fait passer un courant alternatif à travers un échantillon de SO^2 exposé au préalable, assez longtemps, à la lumière; l'effet négatif n'existe pas. Il réapparaît au contraire progressivement si l'on soumet le liquide à un courant continu, même dans l'obscurité.

Les chiffres suivants illustrent cette proposition.

Liquide exposé plusieurs jours, sans courant, à la lumière solaire; puis soumis à 176 volts à partir d'un instant qui sert d'origine des temps :

Époques	1^m.	2^m30^s.	6^m.	17^m.	3^h30^m.	7^h30^m.	30^h.
$\dfrac{\text{Courant dans l'obscurité}}{\text{Courant en présence de la lumière}} = \dfrac{I_0}{I_l}$	1	1	1,07	1,31	1,72	2,08	1,96

L'effet négatif ne devient sensible qu'après la sixième minute, le rôle du courant continu est manifeste; il n'y a pas d'effet négatif en son absence.

PHYSIQUE. — *Relation entre la loi de compressibilité des gaz et les coefficients de dilatation*. Note de M. **Thaddée Peczalski**, présentée par M. E. Bouty.

Considérons l'équation différentielle de transformation des gaz

$$dt = \frac{dv}{v\alpha} + \frac{dp}{p\beta}, \tag{1}$$

où t est la température, v le volume, p la pression du gaz considéré, α et β les deux coefficients de dilatation à pression et à volume constant,

$$\alpha = \frac{1}{v}\frac{\partial v}{\partial t}, \qquad \beta = \frac{1}{p}\frac{\partial p}{\partial t};$$

α et β sont des fonctions de p, v, t.

Pour trouver les minima et maxima de la fonction $vp = f$ à température constante, égalons sa différentielle à zéro,

$$p\,dv + v\,dp = 0. \tag{2}$$

Mais v et p à température constante sont liés par la relation

$$\frac{dv}{v\alpha} + \frac{dp}{p\beta} = 0; \tag{3}$$

de (2) et (3) on tire $\alpha = \beta$. Donc *les minima ou maxima des isothermes ont lieu alors que les deux coefficients de dilatation, à volume constant et à pression constante, sont égaux entre eux.*

Pour trouver la loi de compressibilité des gaz à température constante, considérons l'équation (3) où v est une certaine fonction de p. On peut

mettre (3) sous la forme

$$\frac{dv}{v} = -\frac{\alpha}{\beta}\frac{dp}{p}. \tag{4}$$

Le quotient $\frac{\alpha}{\beta}$ est une fonction de p :

$$\frac{\alpha}{\beta} = a - bp - cp^2 - \ldots, \tag{5}$$

où a, b, c, ... sont des fonctions de la température seule.

En portant l'expression de $\frac{\alpha}{\beta}$ dans (4) et intégrant on a

$$\log v + \text{const.} = -a\log p + bp + c\frac{p^2}{2} + d\frac{p^3}{3} + \ldots, \tag{6}$$

d'où

$$v = \mathrm{A}p^{1-a}e^{bp+c\frac{p^2}{2}+d\frac{p^3}{3}+\ldots}, \tag{7}$$

$$vp = \mathrm{A}p^{1-a}e^{bp+c\frac{p^2}{2}+d\frac{p^3}{3}+\ldots}. \tag{8}$$

Lorsque la pression tend vers zéro, $e^{bp+c\frac{p^2}{2}+\ldots}$ tend vers l'unité; donc la valeur limite de pv ne dépend que de p^{1-a}. Il y a trois cas à examiner : $a > 1$; $a < 1$; $a = 1$.

On peut mettre (8) sous la forme

$$vp = \mathrm{B}p^{\varepsilon}, \tag{9}$$

où B est une fonction qui reste finie et différente de zéro quand p tend vers zéro et où $\varepsilon = 1 - a$.

Dans le cas où $a > 1$, ε est négatif et le produit pv tend vers l'infini quand p tend vers zéro. Dans le cas où $a < 1$, ε est positif, vp tend vers zéro avec p.

Comme ces deux conclusions ne sont pas admissibles, la seule valeur possible de a est $a = 1$. On a donc :

$$\frac{\alpha}{\beta} = 1 - bp - cp^2 - \ldots, \tag{10}$$

$$vp = \mathrm{A}e^{bp+c\frac{p^2}{2}+d\frac{p^3}{3}+\ldots}, \tag{11}$$

où A *représente la valeur de vp quand $p = 0$.*

Pour appliquer l'équation (11), supposons que $\frac{\alpha}{\beta}$ soit une fonction parabolique de p, c'est-à-dire

$$vp = \mathrm{A}e^{bp+c_1p^2}. \tag{12}$$

On trouve :

	Hydrogène à 0°.		Azote à 16°.		Air à 0°.	
p.	pv observé (x).	pv calculé.	pv observé (y).	pv calculé.	pv observé (x).	pv calculé.
1...	1	1	1	1	1	1
10...	1,0055	1,0055	0,997	0,9969	0,9951	0,9949
20...	1,0086	1,0086	0,9945	0,9942	0,9897	0,9901
30...	»	»	»	»	0,9842	0,9855
40...	1,0245	1,025	0,9907	0,9907	»	»
50...	1,0305	1,0319	»	»	0,9754	0,9773
60...	1,0373	1,039	0,9896	0,9900	»	»
80...	»	»	0,9908	0,9920	0,9688	0,9729
90...	»	»	»	»	0,9681	0,9722
100...	1,0690 (y).	1,0697	0,9941	0,9971	0,9681	0,9722
130...	»	»	»	»	0,9738	0,9756

Les observations (x) sont empruntées aux expériences de Witkowski, et les observations (y) à celles de M. Amagat.

Les coefficients de vp sont calculés d'après les expériences faites :

Sur l'hydrogène à 1-10-20^{atm};

Sur l'azote à 1-10-20^{atm} (corrigés d'après la valeur de vp à 40^{atm});

Sur l'air à 1-10-20^{atm} (corrigé d'après la valeur du minimum de vp).

PHYSIQUE. — *Sur les oscillations à grande fréquence dans les arcs électriques très courts et sur les limiteurs de tension à intervalles multiples.* Note de M. **André Léauté**, transmise par M. Blondel.

J'ai étudié les oscillations du courant dans les arcs électriques très courts, avec l'intention d'appliquer ensuite les résultats aux limiteurs de tension à intervalles multiples, dans lesquels l'écartement des électrodes est généralement très faible. On sait que l'emploi de ces appareils est aujourd'hui extrêmement répandu.

Les oscillations de l'arc dans le cas de l'éclateur à intervalle unique et pour des longueurs presque toujours supérieures à 1^{mm}, ont donné lieu à un grand nombre de travaux antérieurs [1], en particulier de la part de M. Blondel [2], qui s'est servi de l'oscillographe pour déceler leur existence

(1) Cf. : El. Thomson, 1892; N. Tesla, 1895; Fessenden, 1899; Duddell, 1903; Janet, 1902; Tissot, 1902; Banti, 1902; Barkhausen, etc.

(2) André Blondel, *Éclairage électrique*, 15 et 22 juillet 1905.

et leur forme. Mais cette méthode n'est, en général, pas applicable pour les arcs très courts, à cause de la trop grande fréquence des oscillations; en effet, dans ce cas, les électrodes doivent être métalliques, sans quoi leur usure trop rapide fait subir à la longueur d'arc des variations relatives trop fortes et, par suite, la fréquence est très élevée.

J'ai tourné la difficulté en faisant jouer à l'oscillographe un rôle en quelque sorte négatif et en utilisant le montage figuré ci-dessous.

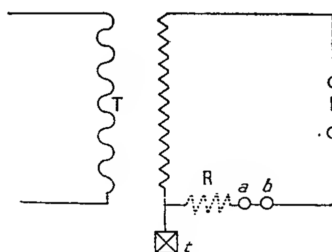


Fig. 1.
T, transformateur; *a*, galvanomètre de l'oscillographe; *b*, milliampèremètre thermique; E, éclateur; R, résistance liquide; *t*, terre.

Quand les oscillations sont très rapides, le galvanomètre *a* n'enregistre que le fondamental à basse fréquence, tandis que le thermique *b* est influencé par le courant total; on en déduit donc par différence l'intensité efficace des oscillations.

Cette méthode m'a permis d'observer, dans certaines conditions d'expérience, des oscillations dont l'intensité efficace est extraordinairement grande par rapport à celle du fondamental. J'opérais à intensité fondamentale constante dans chaque série d'expériences, grâce à la forte chute de tension du transformateur et je faisais progressivement croître à partir de zéro l'écartement des électrodes; on sait (¹) qu'en procédant ainsi on constate, pour une certaine valeur de l'écartement, un maximum de l'intensité efficace totale, maximum que la méthode ci-dessus m'a permis d'attribuer à un changement brusque de régime du fondamental et pour lequel j'ai pu déterminer le rapport R entre l'intensité efficace des oscillations et celle du fondamental.

Valeurs du rapport R. — (Réseau à 110 volts, 42 périodes; un pôle du secondaire de T à la terre; les chiffres entre parenthèses indiquent la différence de potentiel aux bornes du secondaire.)

(¹) André Léauté, *Comptes rendus*, 1909. — Cf. aussi Duddell, *Phil. Mag.*, 1908. M. G. Claude a récemment (*S. I. E.*, 1913) signalé un fait analogue sur tube à néon.

1° *Pas de résistance dans le circuit d'alimentation de l'arc.*

Intensité efficace du fondamental.	Valeurs de R. Intervalle unique, 2 sphères de 2^{cm} de diamètre.	Intervalle unique, 2 cylindres de $2^{cm},5 \times 3^{cm},5$.	Intervalle double, 3 cylindres de $2^{cm},5 \times 3^{cm},5$.	Intervalle triple, 4 cylindres de $2^{cm},5 \times 3^{cm},5$.
amp 0,010	6 volts	18 volts	pas d'arc	pas d'arc
0,040	5,8 (300)	5,5 (700)	5,3	8,2
0,080	2,5 (200)	3,5 (650)	4,9	6
0,120	2,4 (150)	2,3 (400)	3,8	4,3
0,140	2,1 (100)	2 (200)	3,6	4,2

2° *Résistance de* 3800 *ohms dans le circuit d'alimentation de l'arc.*
(*Les oscillations sont mesurées entre la résistance et l'éclateur.*)

Intensité efficace du fondamental.	Valeur de R. Intervalle multiple, 10 cylindres de $2^{cm},5 \times 3^{cm},5$.
amp 0,080	volts 2,7 (2800)
0,120	2 (2950)

3° *Résistance de* 15 000 *ohms dans le circuit d'alimentation.*
(*Les oscillations mesurées comme ci-dessus.*)

Intensité efficace du fondamental.	Intervalle unique, 2 cylindres de $2^{cm},5 \times 3^{cm},5$.
amp 0,010	volts 1,15 (520)
0,040	1,14 (900)

Il resterait à expliquer le mécanisme exact de ces expériences; mais, dès à présent, on peut en tirer une conclusion intéressante pour les limiteurs de tension. Elles montrent que les fusibles qu'on place souvent en série avec ces appareils sont exposés à être parcourus par des oscillations ayant une grande fréquence et un rapport R élevé. Or j'ai montré antérieurement (1) que les surintensités de haute fréquence produisent des effets destructifs extrêmement violents; on comprend donc la cause des

(1) Cf. André Léauté, *Comptes rendus*, 15 novembre 1909; la *Lumière électrique*, 8 octobre 1910.

explosions fréquentes et jusqu'ici inexpliquées des fusibles de limiteurs. Il ressort de cette étude que les fusibles sont actuellement mal placés et que, pour éviter leurs fusions intempestives qui non seulement diminuent l'efficacité de la protection, mais encore sont quelquefois l'origine d'accidents graves, il faudrait les brancher entre les résistances et la terre. Ils seront là, et là seulement, à l'abri des oscillations.

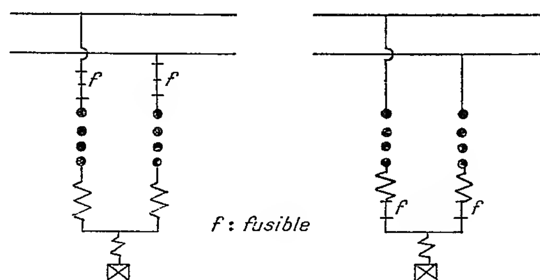


Fig. 2.

Mauvaise position des fusibles. Bonne position des fusibles.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la dissociation électrolytique d'un sel, régie par la loi des masses*. Note de MM. **P.-Th. Muller** et **R. Romann**, présentée par M. Haller.

On sait que les électrolytes médiocres (acide acétique, ammoniaque) suivent bien la loi des masses (formule d'Ostwald), alors qu'il n'en est pas de même des sels et en général des bons électrolytes. Si les causes de cette divergence ont donné lieu à de nombreuses discussions, les raisons certaines n'en sont pas encore bien connues.

Dans ces dernières années on a invoqué plus spécialement l'hydratation des ions, laquelle augmente avec la dilution jusqu'à ce que l'ion soit saturé. Une fois que celui-ci a acquis son hydratation définitive, sa mobilité devient invariable, indépendante d'une dilution ultérieure; la conductibilité de la solution ne dépend alors plus que de l'ionisation et celle-ci est égale au rapport de la conductibilité actuelle Λ à la conductibilité limite Λ_∞. Il y a des chances pour que dans cette région d'hydratation constante l'électrolyte soit régi par la loi des masses.

Guidés par ce raisonnement, nous avons fait choix d'un sel provenant

d'un acide et d'une base de force moyenne. Les générateurs suivront la loi des masses, jusqu'à un degré d'ionisation très avancé qui ne sera *guère dépassé* par le sel. L'hydratation définitive, atteinte par les ions de la base et de l'acide, se conservera ainsi dans le sel. L'acide cyanacétique et la pipéridine réalisent ces conditions. Leurs constantes d'affinité sont respectivement 0,00370 et 0,00158 (l'acide acétique donnant 0,000018). L'ionisation du premier passe de 49 à 82 pour 100 entre les dilutions moléculaires de 128^1 et 1024^1 (1). Quant à la pipéridine sa dissociation est de 46 pour 100 dès la dilution 256 (2). Étant donnée la force des générateurs, l'hydrolyse du sel est imperceptible et ne retentit pas sur la conductibilité.

Les solutions de cyanacétate de pipéridine ont été préparées en ajoutant la base dissoute à une solution de titre connu de l'acide, en présence d'une goutte de phtaléine; le virage est net.

La conductibilité a été prise, à 25°, dans un appareil bien clos, à électrodes non platinées. On a tenu compte de la conductivité de l'eau, d'ailleurs inférieure à 10^{-6}.

Voici la moyenne de deux mesures indépendantes et concordantes :

v.	Λ.	γ.	K.
128	73,10	0,936	0,107
256	75,03	0,961	0,092
512	76,44	0,979	0,088
1024	77,35	0,990	0,100
		K moy....	0,097

v représente le nombre de litres qui contiennent la molécule-gramme du sel; Λ est la conductibilité moléculaire, exprimée en inverses d'ohm; γ le coefficient d'ionisation égal à $\frac{\Lambda}{\Lambda_\infty}$; enfin K est la constante de la loi de dilution $K = \frac{\gamma^2}{(1-\gamma)v}$.

Nous avons pris la conductivité limite Λ_∞ égale à 78,10. On obtiendrait 77,3 en faisant la somme des mobilités de l'ion cyanacétique [39,0 d'après Kendall (3)] et de l'ion pipéridinium (38,3 d'après Bredig). On trouverait 80,2 en se servant de la règle Ostwald-Bredig qui consiste à ajouter des modules spéciaux aux conductibilités expérimentales (4).

(1) Ostwald, *Zeits. ph. Ch.*, t. III, 1889, p. 178.
(2) Bredig, *Zeits. ph. Ch.*, t. XIII, 1894, p. 306.
(3) Kendall, *J. of chem. Soc.*, t. CI, 1912, p. 1285.
(4) Voir P.-Th. Muller et Ed. Bauer, *J. de Ch. ph.*, t. II, 1904, p. 495.

On voit que notre Λ_∞ est compris entre les deux nombres précédents.

Avec les données de Kohlrausch, on calcule, pour le chlorure de potassium à 18°, les valeurs suivantes de K :

v	100.	200.	500.	1000.
K	0,15	0,10	0,06	0,03

Les variations sont énormes comparativement à celles du cyanacétate de pipéridine.

Ce corps fait donc partie du très petit nombre de sels dont l'ionisation, *mesurée par la conductibilité*, est gouvernée par la loi des masses.

Nous ne voyons guère à citer, à ce point de vue, que le bromure de tribenzylméthylammonium qui a fourni à Drucker [1] la constante $K = 0,139$ du même ordre de grandeur que celle du cyanacétate de pipéridine [2].

En résumé, en nous laissant guider par l'idée de l'hydratation ionique, nous avons été amenés, du premier coup, à faire un sel qui obéit à la loi des masses. Des expériences nouvelles pourront seules montrer si notre idée directrice est générale. Le choix de l'acide et de la base nécessaires n'est pas chose aisée, car ces deux électrolytes doivent suivre eux-mêmes la loi de dilution et avoir un degré d'ionisation du même ordre que celui de leur sel, ce qui suppose que l'hydrolyse de celui-ci est négligeable.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Décomposition photochimique des solutions d'acide oxalique en présence de nitrate d'uranyle.* Note de M. **Marcel Boll**, présentée par M. A. Haller.

I. Cette décomposition a été étudiée par plusieurs auteurs, notamment par Seekamp [3] et Fay [4]; il semble résulter de ces expériences que le

(1) *Zeits. f. Elektroch.*, t. XVIII, 1912, p. 563.

(2) Pendant que nous achevions nos expériences, Drucker, Tarle et Gomez ont fait paraître un article (*Zeits. f. Elektroch.*, t. XIX, 1913, p. 8) sur une nouvelle détermination de la mobilité de l'ion Br, basée sur l'étude du bromure de tribenzylméthylammonium. Il en résulterait que le bromure de potassium obéirait aussi à la loi des masses.

(3) *Ann. d. Chemie*, t. CXXII, p. 113.

(4) *Americ. Chemic. Journ.*, t. XVIII, p. 269. Cette étude est reprise en ce moment même, à un autre point de vue, par M. Landau (*Comptes rendus*, séance du 23 juin 1913, p. 1894).

nitrate d'uranyle se retrouve à la fin de la réaction. En opérant au contact de l'air et en solution très étendue, mes mesures conduisent à admettre que l'acide oxalique est oxydé sous forme d'acide carbonique.

II. J'ai appliqué la méthode précédemment décrite ([1]) : la réaction chimique se suit en mesurant, à l'électromètre, la conductivité μ d'une solution éclairée par une radiation monochromatique (raie 2536 U. A. du mercure). La solution était millimoléculaire par rapport à l'acide oxalique et au nitrate d'uranyle.

Dans le Tableau suivant, les temps t sont exprimés en heures; K_1 et K_2 sont les coefficients de vitesse de la réaction, supposée uni- et bimoléculaire.

t.	μ.	K_1.	K_2.	t.	μ.	K_1.	K_2.	t.	μ.	K_1.	K_2.
0	590	»	»	12	263	7,5	6	24	223	6,9	20
2	440	10,8	3	14	252	7,2	7	26	221	7,1	26
4	358	9,4	4	16	243	7,1	8	28	219	7,4	41
6	323	9,0	4	18	237	7,0	10	30	218	7,5	60
8	294	8,5	5	20	232	7,0	12	∞	216	»	»
10	276	8,0	5	22	227	7,0	14				

Tandis que le coefficient K_2 varie depuis 3 jusqu'à 60, le coefficient K_1 reste à peu près constant. La réaction est sensiblement unimoléculaire; si le nitrate d'uranyle intervient chimiquement, il est probable qu'il se reforme au fur et à mesure, de sorte que sa concentration reste constante.

La conductivité finale 216 montre qu'il ne peut y avoir d'acide formique en quantité notable dans la solution, car la conductivité serait alors plus considérable ([2]).

III. On retrouve le même ordre, en déterminant la vitesse initiale de cette réaction pour différentes concentrations. Un calcul développé précédemment ([3]) montre que la masse m formée au bout d'une seconde est proportionnelle à la puissance rayonnante absorbée $\mathcal{P}_a$ et qu'elle n'est pas fonction de la concentration c : c'est ce que vérifie l'expérience. La puissance rayonnante incidente $\mathcal{P}_0$ était de $6,5\,\frac{\text{ergs}}{\text{sec}}$.

([1]) *Comptes rendus*, t. 156, p. 138 et 691.

([2]) S'il se formait uniquement de l'acide formique elle serait de 380 (nitrate d'uranyle 200 + acide formique 180). La conductivité moléculaire de l'acide carbonique est 12 à cette concentration.

([3]) *Comptes rendus*, t. 156, p. 691.

c en $\frac{\text{mol.-g}}{\text{cm}^3}$.	m en $\frac{\text{g}}{\text{sec}}$.	$\mathcal{P}_a$ en $\frac{\text{ergs}}{\text{sec}}$.	$\frac{m}{\mathcal{P}_a}$.
10^{-6}	50.10^{-10}	5,2	$9,6.10^{-10}$
$5\ .10^{-7}$	32	3,5	9,2
$1,25.10^{-7}$	8,3	1,0	8,3
$3,1\ .10^{-8}$	2,7	0,3	9,0

IV. J'ai mesuré (¹) les coefficients d'absorption $\varkappa$ de chacun des constituants, ainsi que celui du mélange.

	$\varkappa$.
$C^2O^4H^2$ millimoléculaire........	$2,5.10^6$ C.G.S.
$(NO^3)^2UO^2$ millimoléculaire.....	3,0
Mélange millimoléculaire.......	5,3

Le coefficient d'absorption du mélange est très sensiblement égal à la somme des coefficients partiels; *l'absorption est donc la même, qu'il y ait ou qu'il n'y ait pas réaction chimique* (²).

V. On pouvait prévoir que la loi de l'équivalent photochimique d'Einstein (³) ne s'appliquerait pas.

Les valeurs $\mathcal{P}_a$ du Tableau précédent ont été déduites de la mesure de $\mathcal{P}_0$, faite au moyen d'une pile thermoélectrique de Rubens étalonnée au moyen d'une lampe Hefner. L'énergie ε absorbée pendant la réaction d'*une* molécule est en moyenne de

$$\varepsilon = \frac{\mathcal{P}_a}{N\frac{m}{\mathfrak{M}}} = \frac{\mathcal{P}_a}{m}\frac{\mathfrak{M}}{N},$$

où $N = 7 \times 10^{23}$ est le nombre d'Avogadro et $\mathfrak{M} = 90$ la masse moléculaire de l'acide oxalique. On trouve

$$\varepsilon = \frac{5,2}{50 \times 10^{-10}} \times \frac{90}{7 \times 10^{23}} = 1,4 \times 10^{-13} \text{ erg},$$

alors que le quantum d'Einstein

$$h\nu = h \times \frac{3 \times 10^{10}}{\lambda} = 6,5 \times 10^{-26} \times \frac{3 \times 10^{10}}{2,535 \times 10^{-5}} = 7,7 \times 10^{-11} \text{ erg},$$

(¹) Par la vitesse d'hydrolyse de l'acide tétrachloroplatinique (*Comptes rendus*, t. 156, p. 138).

(²) Contrairement à ce qui se passe pour le mélange chlore + hydrogène, d'après Bunsen et Roscoë (*Pogg. Ann.*, t. CI, p. 275).

(³) *Journ. de Phys.*, 5e série, t. III, p. 277.

d'où l'on tire

$$\varepsilon = 0,002 h\nu;$$

l'énergie absorbée pendant la réaction est très inférieure au quantum.

Ce résultat est à rapprocher de ceux obtenus récemment par MM. Victor, Henri et René Wurmser [1] relativement à l'eau oxygénée et à l'acétone : dans tous ces cas, il s'agit de systèmes en faux équilibre, qui évoluent spontanément avec une vitesse très faible et où la lumière se borne à accélérer la réaction.

VI. On peut comparer cette énergie absorbée ε à l'énergie cinétique moyenne w d'une molécule, correspondant à un degré de liberté à la température considérée et qui est égale à

$$w = 2 \times 10^{-14} \text{ erg}.$$

Dans les conditions de l'expérience, ε est dix fois plus grand que w : l'absorption de rayonnement augmente donc très notablement l'énergie interne d'une molécule. Si l'on admet que les chocs moléculaires ne sont chimiquement efficaces que quand ils se produisent entre des molécules douées d'une énergie suffisante, on peut concevoir pourquoi de telles réactions ne se produisent pratiquement pas à l'obscurité.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le phénomène de photocatalyse.* Note de M. **Marc Landau**, présentée par M. Dastre.

L'action des sels d'uranium dans différentes réactions photochimiques présente un des cas les plus intéressants du phénomène de photocatalyse dont la nature et les lois générales sont presque complètement inconnues. J'ai entrepris des recherches sur la décomposition de l'acide oxalique par la lumière ultraviolette en présence de sels d'uranium et d'autres photocatalyseurs. Cette réaction a été étudiée par plusieurs auteurs, notamment par Seecamp, Jones, Fay, Bruner et Kozak, Boll [2].

J'ai employé pour ces recherches la lumière des lampes à mercure en quartz de 110 volts et de 500 volts (système Henri, Helbronner, de Recklinghausen).

---

(1) *Comptes rendus*, t. 156, p. 1012.

(2) M. Boll a étudié (*Comptes rendus*, 23 juin 1913, p. 1891) la décomposition de l'acide oxalique en présence de nitrate d'uranyle par sa méthode électrométrique.

Diverses hypothèses se posent sur la nature de l'action catalytique des sels d'uranium. Cette propriété peut être en rapport avec le pouvoir radioactif qui distingue les composés d'uranium. D'autre part, il est permis de supposer l'existence d'une de ces réactions intermédiaires par lesquelles on explique plusieurs cas de catalyse. On peut enfin faire intervenir les rapports entre le pouvoir catalytique, l'absorption et l'effet photo-électrique. J'ai étudié l'action photocatalytique de différents composés d'uranium et de thorium dont le pouvoir radioactif a été déterminé par Mme Curie.

Les solutions exposées contenaient l'acide oxalique et le catalyseur en concentrations millimoléculaires. Dans chaque série d'expériences comparatives elles étaient exposées suivant des conditions identiques de durée, de distance, de surface, d'épaisseur de couche et de température. Les composés insolubles d'uranium étaient pris en proportions correspondant à des solutions millinormales. Le dosage de l'acide oxalique se faisait avec le permanganate et la soude.

L'expérience a montré que l'acide oxalique millinormal, exposé seul aux rayons ultraviolets, se décompose environ 300 fois plus lentement qu'exposé en présence du nitrate d'uranyle pris en concentration équimoléculaire. Je désigne ce rapport 3.10^2 par le terme du *pouvoir catalytique* (p_c) du nitrate d'uranyle. La valeur de p_c pour les autres catalyseurs a été déterminée par rapport à celle du nitrate d'uranyle d'après plusieurs séries d'expériences. i désigne la valeur du courant de saturation obtenu avec les mêmes corps par Mme Curie.

Catalyseurs.	Pouvoir catalytique p_c.	Pouvoir radioactif $I \times 10^{11}$ (ampères).
Uranium métallique	$0,1.10^2$	2,3
Oxyde d'urane noir	$0,2.10^2$	2,6
Oxyde d'urane vert	3.10^2	1,8
Uranate de potassium	3.10^2	1,2
Nitrate d'uranyle	3.10^2	0,7
Sulfate d'uranyle	3.10^2	—
Sulfate d'uranyle et de potassium	$3.10^2 - 3,2.10^2$	0,7
Chlorure d'uranyle	$3.10^2 - 3,1.10^2$	—
Acétate d'uranyle	$1.8.10^2$	—
Oxyde de thorium	0	2,2 — 5,5

Il résulte de ce Tableau : 1° que *tous les composés d'uranium possèdent les propriétés photocatalytiques;* 2° qu'*il n'existe pas de parallélisme entre les valeurs du pouvoir photocatalytique et du pouvoir radioactif de ces composés.*

On voit en outre que *la photocatalyse a lieu, même quand les catalyseurs sont insolubles. Le phénomène de photocatalyse se produit donc dans le système hétérogène au début.* Ce fait le rapproche des phénomènes catalytiques ordinaires.

Une autre série d'expériences a montré que les acides nitrique, sulfurique, chlorhydrique et acétique ne produisent aucune action catalytique dans les conditions des expériences précédentes. *Le pouvoir catalytique des sels d'uranium est donc dû exclusivement au cation.*

Pour voir si les autres métaux présentent également des propriétés catalysantes, j'ai effectué une série d'expériences avec les nitrates de métaux appartenant aux différents groupes du système périodique, en choisissant autant que possible le métal le plus léger et le plus lourd de chaque groupe vertical du Tableau de Mendeleeff. Ces expériences ont été faites avec la lampe de 110 volts à 25°. Les solutions contenant l'acide oxalique et le catalyseur en concentrations millimoléculaires ont été exposées sous une épaisseur de $4^{mm},5$ à 10^{cm} de distance pendant 30 minutes.

Groupe du système périodique.	Catalyseur.	Poids atomique du métal.	Acide oxalique décomposé.
			pour 100
I.	Nitrate de lithium	6,94	< 2
	» de cæsium	132,81	0
II.	» de magnésium	24,32	2
	» de baryum	137,37	0
III.	» d'aluminium	27,1	0
	» de thallium	204,0	3
VI.	» de chrome	52,0	21,2
	» d'uranyle	238,5	63
VII.	» de manganèse	54,93	5
VIII.	» de nickel	58,68	0

Aucun des corps étudiés n'a donc un pouvoir catalytique aussi fort que celui de l'uranium. Il paraît que les *métaux du sixième groupe du système périodique ont le pouvoir photocatalytique le plus élevé.*

Les courbes exprimant la marche de la réaction avec le temps, l'influence de la concentration, de la température et de la longueur d'onde ne peuvent pas trouver place ici. L'étude spectroscopique des corps mentionnés a été faite en collaboration avec M. Victor Henri.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les points de fusion, chaleurs spécifiques et chaleurs de fusion des métaux alcalins.* Note de M. E. **Rengade**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Les chaleurs spécifiques et chaleurs de fusion des métaux alcalins ont été déjà déterminées à plusieurs reprises, mais dans des conditions qui ne permettaient pas d'obtenir une grande précision. En premier lieu, les métaux employés n'étaient pas purs : ils contenaient le plus souvent de petites quantités de métaux étrangers, et toujours de l'oxyde : on sait avec quelle facilité les alcalins s'altèrent à l'air, et j'ai montré d'autre part que les oxydes formés étaient solubles dans le métal (¹). De plus, celui-ci doit être contenu dans une enveloppe de verre, dont la capacité calorifique est presque du même ordre de grandeur, et doit par suite être déterminé avec le plus grand soin. Enfin il est impossible, pour plusieurs raisons, d'employer des quantités importantes de métal; on doit donc utiliser une méthode calorimétrique aussi sensible que possible.

D'autre part, si le potassium et le sodium ont été l'objet de nombreuses mesures, il n'en est pas de même du cæsium, ni surtout du rubidium sur lequel aucune détermination n'a été effectuée.

Il m'a donc paru à propos de reprendre ces expériences avec le plus de soin possible, et de les poursuivre dans les mêmes conditions sur les quatre métaux alcalins, afin d'obtenir des nombres comparables.

Le sodium employé était celui du commerce, fractionné par distillation dans le vide cathodique à 380°-400°. On élimine ainsi le potassium qui passe dans les premières portions; l'échantillon définitif en contenait moins de $\frac{1}{2000}$.

Le potassium, le rubidium et le cæsium avaient été préparés par la méthode de M. Hackspill (²) (action du calcium sur le chlorure) et fractionnés également dans le vide à basse température.

Les échantillons étaient introduits par distillation dans une ampoule en verre blanc de 20^{cm^3} à 25^{cm^3} de capacité, portant soudé à sa partie supérieure un tube étroit disposé suivant l'axe et plongeant jusqu'au milieu du métal, afin de prendre sa température exacte. Celle-ci était déterminée au moyen d'un couple-cuivre constantan relié à un galvanomètre très sensible : l'une des soudures plongeait dans l'ampoule, l'autre était maintenue au contact d'un thermomètre de précision placé dans le thermostat immédiatement au-dessus de l'ampoule. On employait un chauffage électrique donnant une très grande régularité, et l'on pouvait dans ces conditions connaître la température à moins de $\frac{1}{20}$ de degré.

(¹) E. Rengade, *Comptes rendus*, t. 143, 1906, p. 592 et 1152.

(²) L. Hackspill, *Bulletin de la Société chimique*, 4ᵉ série, t. IX, p. 446.

L'ampoule était alors plongée dans un calorimètre à mercure placé sous le thermostat et immergé dans un vase rempli d'eau distillée entouré de glace. Les quantités de chaleur étaient évaluées en pesant le mercure absorbé; l'appareil avait été taré au moyen d'une ampoule identique remplie d'eau distillée.

Sur chaque métal on effectuait une vingtaine d'expériences à des températures échelonnées entre 15° et 100°; on représentait graphiquement les résultats en portant en abscisses les températures et en ordonnées le rapport $\frac{p}{t}$ du poids de mercure aspiré à la température. Les points obtenus se rangent très exactement sur des droites inclinées, ce qui permet de représenter la capacité calorifique de chaque ampoule par une expression de la forme $a + bt$. L'écart entre les nombres expérimentaux et les chiffres d'interpolation est presque toujours inférieur à $\frac{2}{1000}$.

Au-dessus du point de fusion, on prenait comme origine une température voisine t_1, et l'on portait les valeurs $\frac{p-p_1}{t-t_1}$ qui se rangent également sur des droites.

Enfin, les ampoules une fois vidées, on a déterminé la capacité calorifique du verre en se plaçant exactement dans les mêmes conditions. On a pu alors calculer les différentes constantes du Tableau ci-dessous :

	Na.	K.	Rb.	Cs.
Chaleur spécifique vraie (état solide).........	$0,2811 + 0,000233\,t$	$0,1728 + 0,000142\,t$	$0,0802 + 0,000153\,t$	$0,0522 + 0,000137\,t$
Chaleur spécifique vraie (état liquide)........	0,330 (à 98°)	$0,1422 + 0,000668\,t$	$0,0921 - 0,000026\,t$	$0,0604 - 0,000034\,t$
Chaleur de fusion......	27,21	14,67	6,144	3,766
Chaleur spécifique atomique, à 0°.........	6,47	6,75	6,85	6,95
Chaleur atomique de fusion L..............	625,9	573,6	524,8	500,0
Point de fusion	97,90	63,50	39,00	28,45
$\frac{L}{T}$....................	1,69	1,70	1,68	1,66

Ces nombres montrent la grande ressemblance des métaux alcalins, et la variation régulière de leurs propriétés avec les poids atomiques.

Si l'on considère en particulier les quatre dernières lignes du Tableau, on voit que :

1° Les chaleurs spécifiques atomiques croissent légèrement et régulièrement avec les poids atomiques ;

2° Les chaleurs atomiques de fusion décroissent régulièrement ;

3° Le rapport $\frac{L}{T}$ de la chaleur atomique de fusion à la température absolue de fusion est presque rigoureusement constant.

Les points de fusion indiqués, qui ont été pris sur les ampoules mêmes, sont supérieurs de 1° à 2° aux températures admises jusqu'à aujourd'hui, ce qui tient à la pureté absolue des échantillons étudiés. Pour le cæsium lui-même, le point de fusion surpasse de 0°,20 celui que j'avais déterminé antérieurement ([1]) avec le métal fondu dans l'huile de vaseline.

Les détails des expériences, ainsi qu'une discussion plus approfondie des résultats, seront publiés dans un autre Recueil.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Variations de la résilience du cuivre et de quelques-uns de ses alliages en fonction de la température.* Note ([2]) de MM. **Léon Guillet** et **Victor Bernard**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Nos connaissances sur la variation de la résistance au choc du cuivre et de ses alliages en fonction de la température sont peu développées. Dans les essais effectués par les anciennes méthodes, on n'a pas dépassé la température de 400° ([3]).

Nous nous sommes proposé de déterminer la variation de résilience du cuivre et de quelques-uns de ses alliages de la température ordinaire jusqu'au voisinage du point de fusion, et d'examiner la concordance qu'il pourrait y avoir entre cette variation et les procédés de travail utilisés dans l'industrie. Le mode opératoire adopté est, dans ses grandes lignes, celui qui a été déjà employé par l'un de nous au cours d'une étude analogue ([4]).

Les produits étudiés étaient laminés et recuits; leur composition est la suivante :

	Cu.	Zn.	Ni.	Al.	Fe.	Sn.	Pb.	Mn.
Cuivre.............	99,93	0	»	»	0,02	(+Sb) 0,01	0	»
Laiton n° 1.........	90,6	9,3	»	»	traces	traces	0	»
» n° 2.........	90,3	8,2	»	»	0,1	0,1	1,3	»
» n° 3.........	80,9	18,3	»	»	0,1	0,3	0,3	»
» n° 4.........	70,3	28,3	»	»	0,2	0,2	0,8	»
» n° 5.........	61,6	37,9	»	»	0,1	0,2	0,1	»

([1]) E. Rengade, *Comptes rendus*, t. 148, 1910, p. 1199.

([2]) Présentée dans la séance du 5 mai 1913.

([3]) Charpy, *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, février 1899.

([4]) Guillet et Révillon, *Expériences sur l'essai au choc à température variable* (*Revue de Métallurgie*, t. VI, 1909, p. 94).

	Cu.	Zn.	Ni.	Al.	Fe.	Sn.	Pb.	Mn.
Laiton n° 6.........	61,3	36,2	»	»	0,7	0,2	1,6	»
Cupro-nickel.......	77,9	1,7	20,2	»	0,1	0	0	»
Maillechort.........	54,1	25,4	19,7	»	0,4	traces	0,1	»
Bronze d'aluminium.	90,0	»	»	9,8	0,2	»	»	»
Bronze d'aluminium spécial...........	88,5	»	»	7,5	3,7	0,1	»	0,2

Les résultats obtenus sont résumés dans les courbes des figures 1 et 2, dans lesquelles le travail de rupture, ou résilience, est exprimé en kilo-

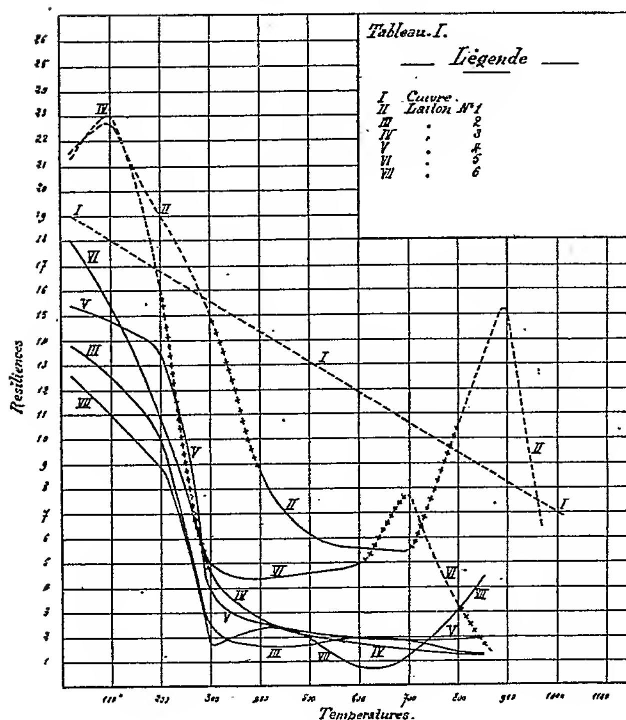


Fig. 1.

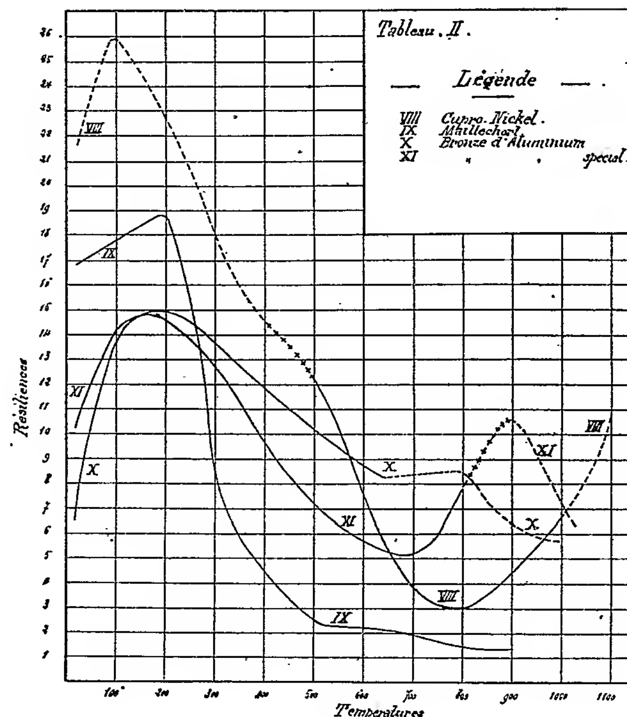


Fig. 2.

grammes par centimètre carré. Dans ces courbes, les parties pointillées se rapportent aux éprouvettes pliées, les parties pleines aux éprouvettes cassées, et les zones dans lesquelles les déterminations n'ont pu être faites sont représentées par des croix.

Conclusions. — 1° A l'exception du cupro-nickel, tous les alliages présentent un maximum de fragilité qui se fait sentir à partir de 300° à 400°,

et qui, suivant la composition, se maintient jusque dans le voisinage du solidus ou disparaît vers 700°, et, souvent, un maximum de résilience aux environs de 100°.

Quant au cuivre, dont la courbe présente une décroissance à peu près régulière en fonction de la température, il ne présente jamais de fragilité; les éprouvettes se plient et, tout naturellement, le travail de pliage diminue avec la température.

2° *Au point de vue de l'influence de la composition*, nous notons que le laiton à 90 pour 100 de cuivre, ne renfermant pas de plomb, voit sa fragilité diminuer considérablement entre 700° et 900°, tandis qu'il suffit de 1,3 pour 100 de plomb pour que la fragilité maximum se maintienne jusqu'à cette température. Les laitons à 80,9 et 70 pour 100 de cuivre restent fragiles de 700° à 850°, tandis que ceux à 61,8 et 61,3 pour 100 de cuivre voient leurs résiliences, très faibles entre 300° et 600°, se relever aux environs de 700°. Le cupro-nickel, qui présente de la fragilité à partir de 600°, la voit diminuer aux environs de 1000°, tandis que le maillechort renfermant 25,4 pour 100 de zinc est fragile dès 300° et le reste jusque dans le voisinage du solidus, d'ailleurs beaucoup plus bas que celui du cupro-nickel.

Enfin, dans les bronzes d'aluminium essayés, celui ne renfermant pas de fer présente, dans la variation de la résilience, une discontinuité tout à fait remarquable, et il nous a été absolument impossible d'obtenir des chiffres précis entre 600° et 800°, l'éprouvette calant le mouton en se déformant; le bronze d'aluminium au fer indique, à 700°, une cessation de fragilité très nette.

3° *Au point de vue des méthodes de travail industrielles*, on voit de suite les métaux susceptibles d'être forgés ou laminés à température élevée, celle-ci correspondant à la disparition de la fragilité. Toutefois, nous noterons que le laiton à 61,3 pour 100 de cuivre qui renferme 1,6 pour 100 de plomb ne donne que 2 à 3 kilogrammètres à la température de laminage. La fragilité ne renseigne donc qu'imparfaitement sur cette température, qui correspond aussi au maximum de ductilité; d'ailleurs, les nouvelles méthodes de travail des alliages de cuivre, procédés par écoulement à température élevée, permettent de négliger la fragilité dans certaine mesure.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la neutralisation de l'acide chromique.* Note de M. **René Dubrisay**, présentée par M. H. Le Chatelier.

J'ai appliqué à l'étude de la neutralisation de l'acide chromique le procédé acidimétrique décrit dans une Note précédente, c'est-à-dire que je suivais par la méthode du poids de la goutte les variations de la tension superficielle d'huile de vaseline additionnée d'acide stéarique au contact d'une solution d'acide chromique dans laquelle j'ajoutais des proportions croissantes de liqueur alcaline titrée.

Dans le cas actuel, on pouvait redouter une action secondaire de l'acide chromique, soit sur l'huile de vaseline, soit sur l'acide stéarique. J'ai rempli une même pipette de 2^{cm^3} successivement de liquide gras employé dans mes expériences, et du même liquide resté 24 heures au contact d'acide chromique. Dans ces conditions j'obtenais pour la première portion 33 gouttes dans l'eau distillée, 52 gouttes dans de l'eau additionnée de $\frac{1}{2 \times 10^3}$ mol-g de soude par litre. Pour l'huile restée au contact de l'acide j'obtenais 33 gouttes pour la première liqueur, 53 pour la seconde. Les propriétés capillaires de la solution stéarique ne sont donc pas modifiées par l'acide chromique et la méthode reste applicable.

Voici maintenant les résultats de l'étude de la neutralisation de l'acide chromique soit par la soude, soit par l'ammoniaque.

Tableau I.

Solution d'acide chromique exigeant pour sa neutralisation complète 22^{cm^3} de soude normale pour 10^{cm^3} de solution acide. Titre déterminé au moyen d'une solution de baryte titrée en présence de phénolphtaléine.

Nombre de centimètres cubes de soude ajoutés à 10^{cm^3} d'acide.	Nombre de gouttes.	Nombre de centimètres cubes de soude ajoutés à 10^{cm^3} d'acide.	Nombre de gouttes.
0	53	20,0	60
4,15	50	21,5	63
8,7	49	22,7	68
15,1	52	24,2	141
17,5	56		

TABLEAU II.

Solution exigeant pour sa neutralisation complète 15^{cm^3} *de soude normale pour* 25^{cm^3} *d'acide.*

Nombre de centimètres cubes de soude ajoutés à 25^{cm^3} d'acide.	Nombre de gouttes.
0	37
5,5	37
7,0	36,5
12,0	41,5
14,4	46
15,0	102

TABLEAU III.

Solution exigeant $38^{cm^3},8$ *d'ammoniaque* $\frac{n}{3}$ *pour la neutralisation de* 10^{cm} *de solution acide.*

Nombre de centimètres cubes d'ammoniaque $\frac{n}{3}$ ajoutés à 10^{cm^3} d'une solution d'acide stéarique.	Nombre de gouttes.
0	24
8,5	24
20,3	23
33,2	30
36,6	41
39,6	80
45,6	400

TABLEAU IV.

Solution acide obtenue en diluant trois fois la précédente.

Nombre de centimètres cubes d'ammoniaque $\frac{n}{3}$ ajoutés à 10^{cm^3} de solution acide.	Nombre de gouttes.
0	19
6,7	20
10,0	26
11,3	31
13,0	66

Ces chiffres montrent tout d'abord la possibilité de doser alcalimétri-

quement par la soude l'acide chromique ou le bichromate en solution même concentrée. Ces résultats présentent déjà un certain intérêt, les réactifs colorés ne pouvant dans ces conditions fournir aucune indication précise.

Au point de vue théorique, il importe de noter la différence qui existe entre l'acide chromique et un acide bibasique fort comme l'acide sulfurique. Pour ce dernier acide, aussi bien avec la soude qu'avec l'ammoniaque, la tension superficielle reste invariable jusqu'au point de neutralisation complète et décroît nettement à ce moment-là : aucune discontinuité dans la courbe obtenue ne permet de distinguer les deux basicités. Ici, au contraire, dès qu'on a dépassé la quantité d'alcali correspondant à la formation du bichromate, une certaine quantité de soude ou d'ammoniaque reste à l'état libre dans la solution : en d'autres termes, la formation du chromate neutre à partir du bichromate et de la base est incomplète.

Ces faits concordent avec les déterminations thermochimiques de Berthelot (1) et avec les expériences de M. Sabatier (2). Ce dernier auteur avait montré par colorimétrie que les chromates neutres étaient partiellement décomposés par des acides faibles ou moyens comme l'acide acétique, la deuxième fonction de l'acide phosphorique et la première fonction de l'acide carbonique.

Plus récemment, M. Groger (3) avait été amené à admettre l'existence d'ammoniaque libre dans les solutions de chromate neutre d'ammoniaque. Mes expériences confirment cette hypothèse.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Remarques sur l'additivité des propriétés physiques dans la série organométallique.* Note de M. **Paul Pascal**, présentée par M. E. Bouty.

L'additivité des propriétés physiques, qui se manifeste souvent de façon satisfaisante dans le cas des composés organiques, ne peut plus être poursuivie dans les corps minéraux; la question s'est alors posée de savoir s'il en était de même dans la série organométallique.

Nous avons montré récemment qu'on pouvait mettre en évidence, sous forme de loi limite, la conservation en combinaison des propriétés diama-

(1) Berthelot, *Comptes rendus*, t. 96, p. 399.
(2) Sabatier, *Bull. Soc. chim.*, t. XLVI, 1886, p. 294.
(3) *Z. An. Chem.*, t. LVIII, 1908, p. 413.

gnétiques des métaux et métalloïdes engagés dans un composé organométallique de la série grasse, mais nous avons dû réserver le cas des dérivés aromatiques, qui présentent des anomalies inattendues.

L'examen détaillé de cette perturbation, tant au point de vue magnétique qu'au point de vue optique, fait l'objet de la présente Note.

Tout d'abord nous avons revu et complété les déterminations de Gladstone et Dale, de Ghira et Zecchini, en opérant toujours sur des liquides purs, et non sur des solutions. Les résultats nouveaux sont consignés dans le Tableau suivant :

Composés.	Masse spécifique à t°.	Indice (raie D) à t°.
$Se(C^2H^5)^2$ (à 20°).......	1,230	1,4768
$Se(C^6H^5)^2$ (à 16°).......	1,338	1,6478
$Te(C^2H^5)^2$ (à 15°).......	1,599	1,5182
$Te(C^6H^5)^2$ (à 15°).......	1,572	1,6911
$P(C^2H^5)^3$ (à 15°).......	0,800	1,4580
$P(C^6H^5)^3$ (de 70° à 95°).	$0,8825 + 54.10^{-4}t - 37.10^{-6}t^2$	$1,5718 + 280.10^{-5}t - 25.10^{-6}t^2$
$As(C^2H^5)^3$ (à 20°).......	1,150	1,4670
$As(C^6H^5)^3$ (de 48° à 82°).	$1,225 + 9.10^{-4}t - 10^{-5}t^2$	$1,6139 + 176.10^{-5}t - 20.10^{-6}t^2$
$Sb(CH^3)^3$ (à 15°).......	1,52	1,48
$Sb(C^6H^5)^3$ (de 42° à 80°).	$1,489 - 27.10^{-4}t + 17.10^{-6}t^2$	$1,6948 - 5.10^{-5}t - 7.10^{-6}t^2$
$Bi(CH^3)^3$ (à 15°).......	2,30	1,56
$Bi(C^6H^5)^3$ (à 75°).......	1,715 (¹)	1,7040

On peut donc, pour un grand nombre de composés du type MX^n, déterminer la valeur moyenne du pouvoir réfringent AR_{N^2} de l'élément polyvalent central M (pour la raie D, formule en n^2) en utilisant les modules récemment recalculés par Eisenlohr. On constate aussitôt que ce pouvoir réfringent, déjà très élevé dans les organométalliques gras, est encore plus considérable dans les composés aromatiques, comme en fait foi le Tableau suivant :

Éléments.	Série grasse.	Série aromatique.	Éléments.	Série grasse.	Série aromatique.
O....	AR_{N^2} = 1,64	AR_{N^2} = 2,57	P....	AR_{N^2} = 9,23	AR_{N^2} = 11,4
S.....	7,60	9,05	As...	8,02	12,33
Se.. .	10,80	13,19	Sb...	14,5	18,75
Te....	15,50	18,47	Bi...	18,4	20,56
Az...	3,50	9,5	Hg...	12,75	13,97

On ne peut donc pas parler d'additivité des propriétés optiques pour

(¹) Nous avons constaté incidemment qu'à 15°, la masse spécifique de $Bi(C^6H^5)^3$ solide est égale à 1,952 et non à 1,585 comme l'indiquent tous les Traités de Chimie.

l'ensemble des organométalliques; et si, dans les corps de la série grasse, les métaux semblent garder un pouvoir réfringent constant, celui-ci subit une exaltation marquée quand on passe à la série aromatique.

Des singularités comparables s'observent dans l'étude magnétique des mêmes corps, car le diamagnétisme moléculaire est toujours exceptionnellement faible pour les organométalliques aromatiques.

Nous en donnons la preuve dans le Tableau suivant, où sont rassemblés des coefficients d'aimantation atomiques déduits de l'étude des corps du type $M(C^6H^5)^n$ et $M(C^pH^{2p+1})^n$; pour ces derniers, et ceci ne peut que renforcer nos conclusions, le diamagnétisme limite indiqué peut être légèrement inférieur à celui des premiers termes de chaque série homologue.

Élément M.	Série grasse.	Série aromatique.	Élément M.	Série grasse.	Série aromatique.
O....	$-46{,}0.10^{-7}$	$-46{,}0.10^{-7}$	Sb...	-370.10^{-7}	-261.10^{-7}
S....	-150	-139	C....	$-60{,}0$	$-60{,}0$
Se...	-241	-227	Si....	-202	-96
Te...	-384	-331	Sn...	-303	$+13$
P....	-113	-195	Pb...	-295	$+66$
As...	-223	-177	Hg...	-334	-40

Il n'y a donc pas non plus d'additivité générale des propriétés magnétiques dans le groupe des organométalliques. Si l'on peut mettre en évidence une sorte d'additivité limite dans la série grasse, on doit y renoncer pour le moment dans la série aromatique, où s'observe toujours une dépréciation du diamagnétisme, d'autant plus marquée que l'élément polyvalent central est plus lourd, on possède une valence plus élevée ou plus facilement variable.

En résumé, l'étude comparative des organométalliques doit nous les faire regarder comme tout à fait exceptionnels au point de vue physico-chimique, mais elle nous permet peut-être, en échange, de soupçonner la raison des relations d'additivité qu'on observe souvent dans les séries purement organiques. Il faudrait en faire remonter la cause, non seulement à l'indépendance relative des atomes constituants de la molécule, mais encore à la faiblesse de leur poids atomique et à l'invariabilité habituelle de leur valence.

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude du chloro-oxalate de thorium.* Note (1) de M. **A. Colani**, présentée par M. A. Haller.

Le chloro-oxalate de thorium $3Th(C^2O^4)^2, ThCl^4, 20H^2O$ a été préparé par MM. Wyrouboff et Verneuil (2) en évaporant par la chaleur une solution d'oxalate de thorium dans l'acide chlorhydrique concentré. Kohlschütter (3) le prépara ensuite d'une manière analogue et lui attribua une formule à $18H^2O$. Hauser et Wirth (4) indiquèrent plus tard que l'oxalate de thorium mis en digestion avec de l'acide chlorhydrique de concentration supérieure à 20 pour 100 se transforme en chloro-oxalate à $20H^2O$. C'est la manière la plus commode d'obtenir ce composé.

J'ai indiqué sommairement (5) le mécanisme de cette réaction : l'acide chlorhydrique étendu dissout l'oxalate sans décomposer l'oxalate en excès; l'acide concentré décompose au contraire l'oxalate en chloro-oxalate qui se dissout en partie et en acide oxalique, celui-ci diminue beaucoup la solubilité du chloro-oxalate formé. Pour une concentration en acide chlorhydrique intermédiaire, l'oxalate n'est que partiellement décomposé. Ces faits sont établis par le Tableau suivant dans lequel la première colonne indique la quantité d'oxalate de thorium à $2H^2O$ (séché à 100°) mise en présence de 100^{cm^3} de liqueur, les deuxièmes et troisièmes les quantités totales de HCl et de $C^2O^4H^2$.

13°.					50°.				
Oxalate de thorium.	100^g de liquide contiennent			Cl dans 100^g du résidu.	Oxalate de thorium.	100^g de liquide contiennent			Cl dans 100^g du résidu.
	HCl.	$C^2O^4H^2$.	Th.			HCl.	$C^2O^4H^2$.	Th.	
0,22	21,8	0,035	0,046	0,10	0,5	20,7	0,08	0,11	0,06
0,44	21,7	0,036	0,047	0,06	1	20,6	0,09	0,12	0,07
0,22	22,7	0,050	0,055	4,60	1	21,6	0,10	0,13	0,6
0,44	22,6	0,057	0,044	4,95	0,5	22,1	0,11	0,13	7,2
0,22	23,3	0,053	0,060	7,1	1,0	22,0	0,13	0,094	7,3
0,44	23,3	0,059	0,043	6,9	3,0	32,5	0,53	0,51	
1,49	34,7	0,33	0,34		4,3	32,4	0,59	0,40	
1,99	34,5	0,35	0,30		6,5	32,5	0,72	0,32	7,3
3,97	34,4	0,46	0,19						
8,33	34,7	0,76	0,11	7,1					

(1) Présentée dans la séance du 16 juin 1913.

(2) *Comptes rendus*, t. 128, 1899, p. 1573; *Ann. Chim. Phys.*, 8e série, t. VI, 1905, p. 492.

(3) *Berichte*, t. XXXIV, 1901, p. 3633.

(4) *Zeitsch. anorg. Chem.*, t. LXXVIII, 1912, p. 75.

(5) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1075.

Le résidu solide a été simplement essoré sur plaque poreuse et séché à l'air. Chlore calculé pour 100 de chloro-oxalate: 7,2. On voit que, avec de faibles quantités de matière, la transformation a lieu à 13° pour une teneur en acide chlorhydrique comprise entre 21,8 et 23,3, et à 50°, entre 20,7 et 22,0. Toutefois un excès d'acide oxalique libre peut modifier cette limite. C'est ainsi qu'à 50°, pour 22,9 de HCl, il suffit de 1,3 de $C^2O^4H^2$ pour 100 pour empêcher la formation de chloro-oxalate.

De quelque manière que j'aie préparé le chloro-oxalate, j'ai toujours obtenu l'hydrate à $20H^2O$. Calciné rapidement il perd de 0,5 à 1 pour 100 de thorium par volatilisation de chlorure. Au contraire, chauffé progressivement au rouge, les pertes en thorium sont nulles et la thorine obtenue ne retient que des traces de chlore (0,1 à 0,2 pour 100 de ThO^2). On sait que les terres rares dans ces conditions donnent des oxychlorures [1]. Une autre différence importante au point de vue analytique entre le thorium et les terres rares est que l'oxalate de thorium, précipité d'une solution fortement chlorhydrique, n'entraîne que des traces de chlore (à l'état de chloro-oxalate) : ainsi de l'oxalate de thorium précipité d'une solution à 18 pour 100 de HCl, non lavé, mais essoré sur plaque poreuse et séché à l'air, ne contenait que 0,24 pour 100 de chlore.

La solubilité du chloro-oxalate de thorium dans les solutions d'acide chlorhydrique est donnée par le Tableau suivant, les résultats étant rapportés à 100g de solution :

Température.	HCl total.	Th.	$Th^4(C^2O^4)^6Cl^4$.	Température.	HCl total.	Th.	$Th^4(C^2O^4)^6Cl^4$.
12°.....	23,0	0,072	0,12	50°.....	21,2	0,17	0,29
15.....	26,3	0,10	0,17	50.....	23,0	0,20	0,34
12.....	29,9	0,16	0,27	50.....	26,8	0,27	0,46
15.....	32,5	0,28	0,48	50.....	29,8	0,44	0,75
12.....	33,1	0,31	0,53	50.....	32,3	0,88	1,51
15.....	35,0	0,60	1,03	50.....	34,6	1,51	2,59

Pour des teneurs plus faibles en acide chlorhydrique on observe une décomposition très rapidement complète en oxalate et chlorure. A 50° on a, la première colonne indiquant la quantité de chloro-oxalate mise en présence de 100cm³ de liquide :

	Dans 100g de liquide.		
Chloro-oxalate.	HCl total.	Th.	Cl pour 100 du résidu.
4......	21,2	0,17	7,3
4......	19,7	0,48	0,05
8......	19,7	0,61	3,3
8......	17,9	0,92	0,05

(1) Job, *Comptes rendus*, t. 126, 1898, p. 246.

La présence de l'acide oxalique diminue beaucoup la solubilité du chloro-oxalate dans l'acide chlorhydrique et les nombres obtenus se placent sur les mêmes courbes que celles définies par la deuxième partie du premier Tableau.

Température.	HCl total.	$C^2O^4H^2$ total.	Th.	Température.	HCl total.	$C^2O^4H^2$ total.	Th.
13°....	34,8	0,31	0,30	50°....	32,6	0,43	0,63
13....	34,9	0,56	0,18	50....	32,8	0,82	0,37
13....	35,0	0,79	0,11	50....	32,6	1,34	0,26
13....	34,9	1,52	0,05	50....	32,9	2,30	0,14
13....	35,0	1,81	0,04	50....	32,5	4,46	0,086
				50....	32,0	6,64	0,070

Avec les plus fortes concentrations de ce Tableau, en acide oxalique, le chloro-oxalate en excès n'est pas altéré (Cl trouvé à 13° : 7,0 pour 100; à 50°: 7,2 pour 100).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Oxydation des alcools sous l'influence de la chaleur seule.* Note de M. **J.-B. Senderens**, présentée par M. G. Lemoine.

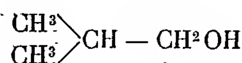
Les recherches qui seront publiées à la suite de cette Note sur l'oxydation des alcools en présence de divers corps, oxydes et métaux divisés, essayés comme catalyseurs, ont, comme introduction obligée, les observations relatées dans la présente Communication. Pour bien apprécier, en effet, le rôle des corps en question comme catalyseurs oxydants des alcools, il était nécessaire de préciser la part qui revenait à la chaleur seule dans cette oxydation. Les renseignements que l'on possédait à cet égard étaient assez vagues et tendaient à faire croire que l'oxydation des alcools par la simple action de la chaleur ne se produisait guère qu'au rouge. On verra qu'elle s'opère à des températures beaucoup plus basses.

I. Les expériences ont été faites en dirigeant un mélange d'air sec et de vapeurs de divers alcools dans un tube de verre vide, chauffé par une grille à analyse, et dont un thermomètre, couché le long du tube, marquait la température.

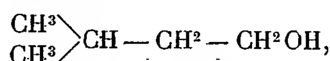
Avec l'alcool éthylique et un courant d'air sec de 100^{cm^3} à la minute, j'ai constaté que l'oxydation de l'alcool commençait vers 400°. En élevant la température à 450°, tout l'oxygène de l'air avait disparu, comme le montre l'analyse suivante des gaz recueillis :

Gaz carbonique	1,6
Oxygène	0,0
Oxyde de carbone	12,8
Éthylène	2,4
Méthane	2,7
Hydrogène	5,4
Azote	75,1

Avec les alcools isobutylique



et isoamylique

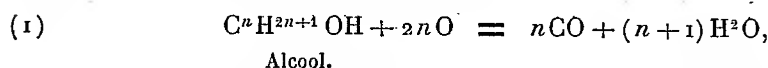


l'oxydation par un courant d'air s'est produite à des températures plus basses que pour l'éthanol, ainsi qu'on peut le voir par le Tableau ci-après, où le degré d'oxydation de chacun de ces alcools s'appréciera d'après la quantité d'oxygène qui reste dans le gaz analysé, en même temps que par la teneur de ce gaz en CO et CO^2, le débit de l'air étant toujours de 100^{cm^3} à la minute :

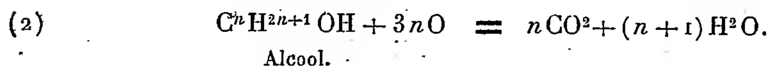
Mélange d'air sec et des alcools:

	Éthylique		Isobutylique		Isoamylique	
Température	405°.	450°.	400°.	435°.	380°.	410°.
CO^2 pour 100	0,6	1,6	0,8	2	1,2	1,6
Oxygène	18,8	0,0	17,6	0,0	18,4	0,0
Oxyde de carbone	0,0	12,8	0,4	11,2	0,0	12,4

Il résulte des données inscrites dans ce Tableau qu'aux températures de 380° pour l'alcool isoamylique, et de 400° et 405° pour les alcools isobutylique et éthylique, il y a déjà un commencement d'oxydation, et que tout l'oxygène de l'air, pour un débit de 100^{cm^3} à la minute, est absorbé par ces alcools à 410°, 435°, 450°. On voit aussi qu'il se forme, en majeure partie, de l'oxyde de carbone, lequel, avec la petite quantité de gaz carbonique, correspondrait aux réactions :



$$(1) \qquad \underset{\text{Alcool.}}{C^nH^{2n+1}OH} + 2nO = nCO + (n+1)H^2O,$$



$$(2) \qquad \underset{\text{Alcool.}}{C^nH^{2n+1}OH} + 3nO = nCO^2 + (n+1)H^2O.$$

En partant de ces équations, si l'on calcule l'oxygène absorbé par la for-

mation de CO, de CO^2 et de l'eau qui leur correspond, d'après les données des Tableaux ci-dessus, on ne retrouve qu'une partie de l'oxygène apporté par l'air. Dans le cas de l'alcool éthylique, par exemple, à la température de 450°, en tenant compte de la teneur du gaz recueilli en hydrogène, éthylène et méthane, il reste environ 3 pour 100 de l'oxygène de l'air, non utilisés par les réactions (1) et (2). Cela tient à ce que cet oxygène a été employé pour former de l'aldéhyde et de l'acide. C'est ainsi que l'alcool isoamylique a fourni, après 5 heures d'opération à 400°-410°, $1^g,5$ d'acide isovalérique et $2^g,2$ d'aldéhyde. A des températures plus hautes, l'aldéhyde et l'acide diminuent au profit de CO et de CO^2.

II. La connaissance de ces faits m'a permis de constater que certaines substances qui m'avaient paru tout d'abord d'assez bons agents d'oxydation, n'étaient en réalité que des catalyseurs médiocres; tels sont le *magnésium* en tournure, le *zinc* finement granulé, l'*aluminium* en poudre. Si l'on dirige sur ces métaux un mélange d'alcool isoamylique et d'air sec (100^{cm^3} à la minute), il faut chauffer vers 400° pour que l'oxygène de l'air soit en majeure partie, sinon totalement absorbé et remplacé par CO et CO^2, comme ci-dessous :

	Magnésium.	Aluminium.	Zinc.
CO^2 pour 100	3,8	3,0	3,2
Oxygène	1,2	1,8	0,0
Oxyde de carbone	9,4	9,2	9,6

Ces métaux n'augmentent pas de poids et conservent l'éclat métallique, ce qui semblerait indiquer qu'ils agissent comme catalyseurs; mais leur action catalytique doit être très faible, car, à 400°, ainsi qu'on l'a vu plus haut, l'alcool isoamylique s'oxyde de lui-même à l'air, et les proportions de CO^2 et de CO sont peu différentes dans les deux cas.

L'*anhydride molybdique*, l'*oxyde tungstique bleu*, la *thorine*, la *silice*, etc. se comportent à peu près comme les métaux précédents. Pour apprécier la différence qui existe entre cette catégorie de corps et les vrais catalyseurs oxydants, il suffira de comparer, d'après l'analyse des gaz recueillis, l'oxydation de l'éthanol par l'air en présence de la silice, et la même oxydation sous l'influence de l'anhydride vanadique V^2O^5, dont les propriétés catalytiques oxydantes ont été signalées par Naumann, Mieser et Lidenbaum [1].

---

[1] *Journ. f. prakt. Ch.*, t. LXXV, 1907, p. 146-147.

	SiO^2.		V^2O^5.	
Température de la réaction	320°.	410°.	320°.	375°.
Vitesse par minute du gaz dégagé	100^{cm^3}	100^{cm^3}	150^{cm^3}	200^{cm^3}
Gaz carbonique pour 100	1,8	3,2	6,2	6,8
Oxygène non absorbé	14,5	5,2	0,0	0,0
Oxyde de carbone	0,0	6,6	5,7	6,0
Éthylène	0,0	5,8	2,5	2,6
Méthane	0,0	0,0	3,2	4,2
Azote	83,7	79,2	82,4	80,6

Par où l'on voit qu'avec V^2O^5, et pour un dégagement gazeux de 150^{cm^3} à la minute, tout l'oxygène de l'air est absorbé à 320°, tandis qu'avec la silice, pour une vitesse moindre du gaz, il reste 5,2 pour 100 d'oxygène non absorbé, à 410°, c'est-à-dire à une température ou l'éthanol est oxydé par l'air sous la seule influence de la chaleur.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle série d'isopyrazolones.* Note de M. G. Favrel, présentée par M. A. Haller.

Dans un travail antérieur [1], j'ai établi qu'en faisant réagir les éthers acétylacétiques γ-chlorés sur les chlorures diazoïques, on obtenait les hydrazones-3 de ces mêmes éthers γ-chlorés.

En poursuivant l'étude des propriétés de ces hydrazones, j'ai été conduit à la préparation d'une nouvelle série de corps que l'on obtient ainsi qu'il suit :

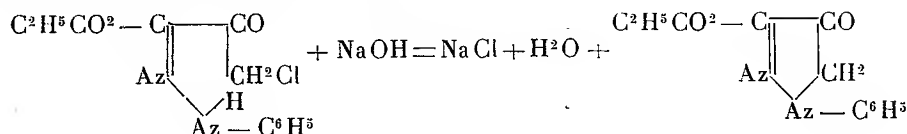
10^g de phénylhydrazone-3 de l'acétylacétate d'éthyle γ-chloré sont pulvérisés finement et mélangés à 200^{cm^3} d'eau distillée tenant en dissolution 2^g de soude.

Le mélange agité fréquemment donne, au bout de 12 heures, une solution jaune clair dont on ne sépare par filtration qu'un faible résidu d'hydrazone non décomposée. Si l'on ajoute alors au liquide filtré 2^{cm^3} d'acide chlorhydrique pur étendu de 20^{cm^3} d'eau distillée, on obtient un précipité blanchâtre qui ne tarde pas à devenir cristallin. Cependant, quelquefois le précipité formé d'abord se rassemble en une huile jaunâtre qui ne se solidifie que plusieurs jours après en une masse de cristaux.

Quoi qu'il en soit, le précipité, après lavage et dessiccation, est dissous dans l'alcool bouillant, d'où il se sépare, par refroidissement et évaporation à l'air libre, de longues aiguilles brillantes à peine colorées en jaune, fondant à 258°-260°.

(1) Favrel, *Comptes rendus*, t. 145, 1907, p. 194.

Ces cristaux ont la composition d'une phénylisopyrazolone qui se serait produite d'après l'équation suivante :



Du reste, la détermination du poids moléculaire de ce corps, par cryoscopie dans l'acide acétique, montre qu'il s'agit bien d'un corps ayant cette constitution (ou la forme tautomère correspondante) et non de celui de formule double, qui résulterait de la soudure de 2^{mol} de l'hydrazone primitive avec élimination de 2^{mol} de chlorure de sodium et de 2^{mol} d'eau.

En opérant exactement de la même manière avec l'orthotoluilhydrazone-3 de l'acétylacétate d'éthyle γ-chloré, j'ai pu obtenir : *l'orthotoluilisopyrazolone carbonate d'éthyle*, cristaux faiblement jaunes, très solubles dans l'alcool éthylique d'où elle cristallise difficilement. Ces cristaux, après purification, fondent à 66°-68°.

La paratoluilhydrazone-3 de l'acétylacétate d'éthyle γ-chloré est transformée de même en :

Paratoluilisopyrazolone carbonate d'éthyle qui se présente en beaux cristaux aiguillés à peine jaunes, solubles dans l'alcool, fondant à 111°-112°.

Enfin, dans les mêmes circonstances, les hydrazones de l'acétylacétate de méthyle γ-chloré ont fourni les corps suivants :

1° La *phénylisopyrazolone carbonate de méthyle*, petites aiguilles blanches solubles dans l'alcool méthylique, fondant à 85°-87° ;

2° L'*orthotolylisopyrazolone carbonate de méthyle* fondant à 178°, cristaux blanchâtres, très solubles dans l'alcool méthylique ;

3° La *paratolylisopyrazolone carbonate de méthyle*, poudre cristalline jaune fondant à 218°-220°.

Tous ces corps se dissolvent dans l'alcool et donnent, par addition d'une goutte de chlorure ferrique dilué et neutre, une coloration bleue intense qui disparaît par les acides. Ils se dissolvent également tous dans les solutions alcalines faibles et dans les acides concentrés chauds, mais moins bien dans les acides dilués.

En résumé, les hydrazones des éthers acétylacétiques γ-chlorés se transforment, sous l'influence des solutions de soude diluées, en isopyrazolones d'un nouveau type qui doivent être désignées comme des isopyrazolones-4.

Les éthers acétylacétiques γ-bromés conduisent aux mêmes résultats, mais plus difficilement.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur le rapport, dans les tissus végétaux, des bases et des acides minéraux.* Note de M. G. **André**, présentée par M. A. Gautier.

La nutrition minérale des végétaux s'effectue aux dépens des substances salines que leurs racines puisent dans le sol : phosphates, sulfates, chlorures, nitrates; en laissant de côté les légumineuses, capables d'emprunter directement l'azote à l'atmosphère. Si, pendant toute la durée de l'existence d'une plante, on suppose qu'il ne se produise d'élimination de bases, ni par excrétions radicales, ni par les organes aériens que lave l'eau de pluie, on doit retrouver, à tous moments de la végétation, une quantité de bases strictement équivalente à celle des acides qui ont pénétré, à l'état de sels, dans cette plante. Or Warington (*Ann. agron.*, t. XXVI, 1900, p. 246) a montré, par de nombreux calculs effectués sur des végétaux très variés, que la proportion des bases est loin d'être suffisante pour saturer les acides minéraux proprement dits, ainsi que l'azote, si l'on admet que ce dernier élément n'a pénétré que sous forme de nitrates. D'où cette conclusion : que, dans le cours de la végétation, et surtout à partir de l'époque de la maturation, une partie des bases retournerait au sol par voie d'exosmose, *à moins que tout l'azote de la plante ne provienne pas exclusivement de la forme nitrique.*

I. — Voici, dans cet ordre d'idées, les résultats que fournit l'orge (*Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 1627 et 1817), dont j'ai étudié l'évolution saline.

(I, 10 juin 1911, épis apparents; II, 23 juin, épis en fleurs; III, 7 juillet, début de la maturation; IV, 20 juillet, maturation complète; V, 2 août, maturation dépassée.) Dans 100 plantes séchées à 110° on a :

	I.	II.	III.	IV.	V.
Azote total	7g,028	8g,693	10g,422	12g,389	10g,361
PO^4H^3	4,676	6,129	6,880	7,142	7,141
SO^3	3,682	3,451	4,983	5,227	5,089
Cl	1,116	1,238	1,148	0,967	0,877
CaO	3,749	4,468	4,584	4,982	3,892
MgO	1,585	2,052	2,294	2,516	2,252
K^2O	9,641	10,804	9,855	8,906	6,656
Na^2O	3,869	2,952	1,792	1,948	1,289

Le calcul de la saturation des bases par les acides peut être effectué de la façon suivante : l'acide phosphorique, que nous supposerons saturé, répond à 3^{at} d'azote ($N^3 = 42$) ; l'acide sulfurique, à 2^{at} ($N^2 = 28$); le chlore, à 1^{at} ($N = 14$). Chacune des bases CaO, MgO, K^2O, Na^2O répond à 2^{at} d'azote ($N^2 = 28$). La silice a été supposée libre, ainsi que la chose est admise généralement. On obtient alors les chiffres suivants :

	I.	II.	III.	IV.	V.
	g	g	g	g	g
Bases totales exprimées en azote.......	7,595	8,214	7,636	7,778	6,082
Bases saturées par PO^4H^3, SO^3 et Cl...	3,733	4,322	5,144	5,270	5,186
Bases attribuables à l'azote......... ..	3,862	3,892	2,492	2,508	0,896
Azote total dans les plantes...........	7,028	8,693	10,422	12,389	10,361
Azote non représenté par des bases.....	3,166	4,801	7,930	9,881	9,465
Azote pour 100 de l'azote total.........	45,04	55,22	76,08	79,75	91,35

L'examen des chiffres inscrits dans la colonne I, par exemple, comporte les conclusions suivantes : ou bien il existe une proportion de 45,04 pour 100 de l'azote qui a pénétré dans la plante sous une forme autre que celle d'azote nitrique, ou bien une certaine quantité des bases absorbées a disparu. On remarquera que la quantité de l'azote non représenté par des bases, pour 100 de l'azote total, augmente à mesure qu'on se rapproche de la fin de la végétation, ainsi que l'avait déjà énoncé Warington. Cet excédent d'azote ne saurait être mis exclusivement sur le compte de la perte des alcalis à partir de la troisième prise d'échantillon, puisqu'on observe un fort excédent avant cette période, c'est-à-dire à un moment où il y a absorption continue des bases venues du sol. Il semble donc que l'hypothèse de l'absorption de l'azote sous une forme autre que celle de nitrates présente ici, comme dans les cas analogues, un certain degré de vraisemblance. Le *lin* (*Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1164) se conduit d'une façon identique.

II. Cependant, à côté des plantes très nombreuses qui se comportent comme l'orge et le lin, on rencontre d'autres végétaux chez lesquels on observe le phénomène inverse d'un excédent de bases par rapport à la quantité susceptible de fournir des sels avec les acides phosphorique, sulfurique, nitrique et avec le chlore. Voici, en effet, ce que donne la *spergule* (*loc. cit.*) :

(I, 29 mai 1912, début de la floraison; II, 14 juin, floraison générale; III, 28 juin, début de la fructification; IV, 15 juillet, fructification; V, 29 juillet, fructification complète.) Dans 100 plantes séchées à 110° on a :

	I.	II.	III.	IV.	V.
Azote total	1,307 g	1,973 g	2,862 g	5,244 g	8,525 g
PO^4H^3	0,450	1,613	1,789	2,346	2,586
SO^3	0,159	0,914	1,146	1,638	1,834
Cl	0,124	0,363	0,579	0,996	1,299
CaO	0,814	2,150	2,953	5,469	8,414
MgO	0,415	1,413	2,346	2,777	4,974
K^2O	2,055	5,853	7,923	12,204	14,283
Na^2O	0,182	0,687	1,157	1,181	1,652

En effectuant le calcul de la saturation des bases par les acides, comme il a été fait pour l'orge, on a les résultats suivants :

	I.	II.	III.	IV.	V.
Bases totales exprimées en azote	1,390 g	4,113 g	5,995 g	8,838 g	12,680 g
Bases saturées par PO^4H^3, SO^3 et Cl	0,296	1,153	1,395	1,970	2,262
Bases attribuables à l'azote	1,094	2,960	4,600	6,868	10,418
Azote total dans les plantes	1,307	1,973	2,862	5,244	8,525
Azote en excès (+) ou en défaut (—) par rapport aux bases	+0,213	—0,987	—1,738	—1,624	—1,893
Azote pour 100 d'azote total	16,29	50,02	60,72	30,96	22,20

Dans le cas de la spergule, dont les éléments minéraux n'avaient pas subi de pertes au cours de la végétation, la première prise d'échantillon fournit seule une certaine quantité d'azote non saturé par les bases, s'élevant à 16,29 pour 100 de l'azote total. Dans les quatre autres prises, il y a *excédent de bases*. On peut expliquer la chose en admettant que, vraisemblablement, la chaux et la magnésie, d'une manière partielle sans doute, ont été empruntées au sol par les racines sous forme de bicarbonates. Cette absorption a été maxima au moment de la fin de la floraison du végétal ; elle s'est ralentie dans la suite. Il en résulte que la spergule, plante annuelle, arrivée à son complet état de maturité, au lieu de présenter un déficit de bases par rapport à l'azote, ainsi que les nombreux végétaux examinés par différents auteurs, par Warington en particulier et par moi-même pour l'orge et le lin, renferme, au contraire, *un excès de bases* par rapport à l'azote total. C'est au moins ce qui s'est passé dans l'année ici considérée (1912).

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Le latex de* Ficus coronata, *suc pancréatique végétal incomplet, sans amylase et à diastase protéolytique prédominante. Comparaison avec celui du* Ficus Carica. Note de M. C. Gerber, présentée par M. L. Guignard.

Ce latex, que nous devons à l'obligeance de M. Rivière, le savant directeur du Jardin d'essai du Hamma, près d'Alger, est remarquable par l'absence presque complète de caoutchouc. Aussi est-il incolore au moment où il sort de l'arbre; mais il devient rapidement rouge brun, tout en restant transparent.

a. Absence d'amylase. — Mélangé à la dose de 1^{cm^3} à 100^{cm^3} d'empois d'amidon ou d'une solution d'amidon soluble, soit de Zulkowsky, soit de Fernbach-Wolff à 5 pour 100 dans l'eau distillée, nous n'avons pas pu constater, même après 72 heures d'action à 50°, la formation de sucres réducteurs, alors que des expériences, faites le même jour, à la même température et avec les mêmes quantités de latex de *Ficus Carica* et de solutions amylacées, ont donné, en 1 heure, les quantités de maltose suivantes :

Empois.	Zulkowsky.	Fernbach-Wolff.
$0^g,60$	$1^g,30$	$1^g,40$

Le latex de *Ficus coronata* diffère donc de celui de *Ficus Carica* par l'absence d'amylase. En cela, il se rapproche de celui de *Morus alba* qui, comme nous l'avons montré, se distingue de celui de *Morus nigra* par l'absence de la même diastase.

b. Existence d'une lipodiastase moyennement active. — L'activité lipolytique du latex de *Ficus coronata*, mesurée d'après son action sur le jaune d'œuf, est deux fois plus forte que celle de *Ficus Carica*. Un peu plus thermostabile que la lipase de ce dernier (il faut chauffer le latex de *Ficus coronata* 30 minutes à 65°, et il suffit de chauffer celui de *Ficus Carica* le même temps à 60° pour détruire leurs propriétés saponifiantes), la lipase de *Ficus coronata* est, par contre, moins sensible aux acides que celle-ci. Le rapport des pouvoirs lipolytiques à l'optimum d'acidité, et en absence de cet électrolyte, est : *Ficus coronata* 1,50; *Ficus Carica* 3.

c. Existence d'un ferment protéolytique très actif. — Le pouvoir protéolytique du latex de *Ficus coronata*, mesuré d'après son action coagulante sur le lait, est à peu près quatre fois plus forte que celle du latex de *Ficus Carica*. C'est, de tous les latex que nous avons étudiés jusqu'ici, le plus actif sur le lait.

Sa présure est plus thermostabile que celle de *F. Carica*. Un séjour de 30 minutes à 70°, qui la rend seulement trois fois moins active, rend celle du Figuier commun huit fois moins coagulante; il faut 10 minutes de chauffe à 85° pour la détruire, alors qu'il suffit de 2 minutes à la même température pour faire perdre à la présure de *F. Carica* toute activité.

Comme le latex de *Ficus Carica*, celui de *F. coronata*, à doses faibles, coagule, à

toutes températures, le lait bouilli mieux que le lait cru, et à doses minimes il ne coagule que le lait bouilli. Sa diastase, néanmoins, est moins strictement une présure du lait bouilli que celle du premier latex. A 50°, en effet, avec des latex dilués à $\frac{1}{400}$: dans le cas du lait cru, il a été impossible d'obtenir de coagulation dans les limites de l'expérience (360 minutes) avec $0^{cm^3},02$ (*F. coronata*) et avec une dose huit fois plus forte (*F. Carica*) pour 5^{cm^3} de lait, tandis que dans le cas du lait bouilli, nous avons observé de très belles coagulations avec $0^{cm^3},005$ (*F. coronata*) au bout de 100 minutes et avec une dose seulement quatre fois plus forte (*F. Carica*) au bout de 80 minutes.

La présure de *F. coronata* se comporte absolument de la même façon que celle de *F. Carica* en présence des divers électrolytes qui peuvent se diviser en trois groupes. Les uns sont accélérateurs à toute dose et d'autant plus accélérateurs que la dose est plus élevée. Tels sont : les acides, sauf l'acide chromique ; les sels acides, sauf les bichromates ; les sels neutres des métaux alcalins ne précipitant pas la chaux, sauf les chromates et les citrates, les sels neutres des métaux alcalino-terreux, ceux des métaux du groupe du fer et du manganèse, etc. Nous donnerons ici comme exemple l'acide borique.

D'autres sont retardateurs à faibles doses, parfois empêchants à doses moyennes, accélérateurs à doses plus élevées. Tels sont les éléments halogènes (chlore, brome, iode), l'acide chromique, les chromates neutres, les sels neutres de zinc, de cadmium, de nickel, de cobalt, etc. Nous donnerons ici comme exemple le chlorure de cadmium.

Les derniers, enfin, sont retardateurs à doses infimes ou faibles, empêchants à doses faibles ou moyennes et fortes. Tels sont l'eau oxygénée, les sels neutres d'argent, de cuivre, de mercure, d'or, de platine, les alcalis, les dichromates, les citrates et les sels neutres des métaux alcalins précipitant la chaux (fluorures, oxalates, etc.). Nous donnerons ici comme exemple le chlorure de cuivre.

Acide borique. — Lait bouilli 5^{cm^3}; $\frac{\text{latex}}{800}$ $0^{cm^3},05$; 50°.

Mol.-milligr. par litre.	0	10	25	50	100	250
Min. pour coag.......	40	36	30	22	16	10

Chlorure de cadmium. — Lait bouilli 5^{cm^3}; $\frac{\text{latex}}{250}$ $0^{cm^3},05$; 50°.

Mol.-milligr. par litre.	0,00	0,25	0,50	1,25	2,50	5
Min. pour coag.......	6	18	23	25	18	coagule sans présure

Chlorure de cuivre. — Lait bouilli 5^{cm^3}; $\frac{\text{latex}}{100}$ $0^{cm^3},05$; 50°.

Mol.-milligr. par litre.	0,00	0,03	0,06	0,12	0,25	0,50
Min. pour coag.......	2,30	6	19	35	195	∞

En résumé, le latex de *Ficus coronata* contient une lipase moyennement active, une diastase protéolytique extrêmement forte et pas d'amylase. Il

entre, avec celui de *Morus nigra* que nous avons étudié antérieurement ([1]), dans le groupe des sucs pancréatiques végétaux incomplets et y constitue le type à ferment protéolytique du lait bouilli, très sensible aux sels d'argent, de cuivre, de mercure, d'or, de platine, aux halogènes et à l'eau oxygénée qui exercent sur ses actions diastasiques une influence éminemment défavorable; le latex de *Morus nigra* constituant, au contraire, le type à ferment protéolytique du lait cru, sur les actions diastasiques duquel ces électrolytes agissent d'une façon favorable, quelquefois indifférente, rarement faiblement défavorable.

Le latex de *Ficus coronata* occupe donc, dans ce premier groupe, la place qu'occupe, dans le groupe des sucs pancréatiques végétaux complets, celui de *Ficus Carica*, deux fois moins lipolytique, quatre fois moins protéolytique, mais possédant une amylase, alors que le latex de *Morus nigra* y occupe la place qu'occupe dans le second groupe les latex du *Broussonetia*, de *Maclura*, de *Morus alba*, etc.

BOTANIQUE. — *Mission de Gironcourt*, 1908-1909. *Résultats botaniques.* Note de M. DE GIRONCOURT, présentée par M. Edmond Perrier.

Au cours de ma mission de 1908-1909 en Afrique occidentale française et étrangère, des échantillons botaniques ont été recueillis en conserve sèche, doublés d'inflorescences conservées au formol.

Les récoltes ont commencé au sommet de la boucle du Niger dans la région dite *des Mares* où elles ont eu lieu (novembre-décembre) 3 mois après l'époque pluvieuse; elles se sont ensuite poursuivies au Dahomey (mars-mai), en Nigéria (avril), au Togo (juin) et en Côte de l'Or (juillet). Le plus grand nombre des plantes rapportées provient du Haut Dahomey dont la flore n'avait pas encore été déterminée. Mon arrivée en ce pays coïncidant avec les premières précipitations d'eau de la saison des pluies (avril) faisant épanouir les enveloppes florales, la saison était la plus favorable ; la récolte botanique s'est effectuée principalement vers le 10° Nord.

Aux herbiers correspond un répertoire détaillé et une carte d'ensemble. Le répertoire donne, pour chaque numéro, les indications de date, de lieu, d'habitat, de nature du sol, les dénominations diverses en dialectes bam-

([1]) *Réunion biologique de Marseille*, t. LXXIV, p. 1109.

bära, tamachèque, songhoy (boucle du Niger), dendi, djerma (Niger), cotocoli (Haut Dahomey), kabbré (Haut Togo), bariba (Moyen Dahomey), ou dahoméen d'Abomey, puis divers renseignements de source indigène concernant les propriétés, usages, utilisations de ces plantes.

Afin de restreindre autant que possible les écarts d'appréciation inévitables en matière de documentation locale, aucune indication indigène n'a été admise à figurer au répertoire si elle n'a pu être obtenue d'au moins deux sources indépendantes.

Un ensemble de déterminations a été mené à bien, et comprend entre autres :

Acanthacées : *Asyztasia gangetica* Nees; *Justicia flava* Vahl; *Nelsonia brunelloïdes* C. R. Amarantacées : *Celosia argentea* L.; *Trigyna* L. Anacardiacées : *Lannea* sp. Anonacées : *Anona senegalensis* Pers. Asclépiadées : *Raphionacme*, cf. *Broercacia* Scott. Bignonacées : *Stereospermum kunthianum* Ch. Buxacées : *Cochlospermum tinctorum* A. Rich. Borraginées : *Heliotropium indicum* L., *nudulatum* Vahl., *stigosum* Wild.; *Trichodesma africanum* R. Br. Capparidacées : *Cadaba farinosa* Forsk; *Cratæva religiosa* L.; *Hibiscus furcatus* Roxb., *glaber* Gürk. Caryophyllées : *Polycarpæa corymbosa* Lam. Célastomacées : *Gymnosporia senegalensis*, var. *spinosa* Engl. Combrétacées : *Combretum argyrostrichum* Wehr, cf. *omalzecas* S. D.; *Indigofera affinis* L.; *Terminalia*, cf. *seifonophyllum* Dies. Commélinacées : *Aneilema*, cf. *lanceolatum* Benth.; *Buforestia imperforata* C.-B. Clarke; *Commelina Vogelii* C. B.; *Cyanotis*, aff. *C. angustuæ* Clarke; *Pollia* sp. Composées : *Ageratum conyzoïdes; Bidens chilensis* D. C.; *Centaurea præcox* O. H.; *Coniza segyptiaca* D.; *Chrysantellum indicum* D. C.; *Januaca arborescens; Plecotaxis rugosa* D. C.; *Senecio vulgaris* L. Convolvulacées : *Ipomæa convolvulifolia* Hall. Crassulacées : *Cussonia*, cf. *Barteri* Seem. Cucurbitacées : *Physedra elegans* Harms et Gilg.

Graminées (dét. Hackel) : *Aristida nigritiana* Hack.; *Cenchrus catharticus* Del.; *Chloris punctulata* Hochst; *Elionorus elegans* Kimth; *Panicum bomense* Hack., *semialatum* R. Br., *turgidum* Forsk. Euphorbiacées : *Bridelia ferruginea* Benth. *in* Hook; *Chrozophora Brocchiana* Vis. Sch.; forma nova (Engler : in *Pflanzenreich*) : *Euphorbia convulvoïdes* Hochst; *Excœcaria grahami* Stopf.; *Phyllanthus pentandrus* Schum et Thorm.

Labiées : *Ocimum canum* L. Légumineuses (dét. Harms) : *Acacia albida* Def., *pennata* Wild; *Aeschynomene indica* L.; *Bauhinia rufescens* Lam.; *Cassia Liberiana* D. C., *mimusoïdes* L., *nigricans* Vahl.; *Crotalaria striata; Desmodium gangeticum* D. C., *mauritianum; Dolichos argenteus* Wild.; *Eriosema cajanoïdes* Hook; *Glycine holophylla* Taub.; *Indigofera bracteola* D. C., *diphylla* Vent., *hirsuta* L.; *Leptadenia spartum; Lonchocarpus cyanescens* Benk; *Mucuna*, aff. *flagellipes* Vogel; *Swartzia madagascariensis* Des.; *Tephrosia obcordata* Bak. Liliacées : *Anthericum* sp.; *Eriospermum* sp.; *Urginia* sp. Lythracées : *Anmania senegalensis* Lam. Malvacées : *Abutilon*, cf. *indicum* L. Swett; *Hibiscus canna-*

binus L.; *Malachra radiata* L.; *Sida linifolia*, *rhombifolia* L., *spinosa* L.; *Urena lobata* L. Mélastomacées : *Dissotis froingiana* Hook, *rotundifolia* Triane. Nyctaginées : *Bœrhadivia paniculata* Rich.

Nymphæacées : *Nymphæa micrantha* Guill. et Per. Orobanchées : *Cistanohe lutea* Linh. et Hoff. Papavéracées : *Argemone mexicana* L. Pédalinées : *Sesamum indicum* L. Polygalées : *Securidaca longepedunculata* Fres. Portulacées : *Talinum cuneifolium* Wild. Rubiacées : *Crossopterix africana* K. Sels; *Fadogia Cunkowskyi* Schuf.; *Feretia apodanthera* Schw.; *Gardenia Thunbergia* L.; *Mitracarpum senegalense* D. C.; *Sabicea* sp.; *Oldenlandia* sp. Sapindacées : *Boscia* nova species, aff. *B. octandra* Hochst; *Cardiospermum halicacabum; Paullinia pinnata* L. Scitaminées : *Kæmpfera æthiopica* Benth. Scrofulariées : *Cycnium camporum* Engl.; *Scoparia dulcis* L.; *Sopubia ramosa* Hochst. Solanées : *Physalis angulatus* L. Thyméléacées : *Guidia chrysantha* Solm.; *Kraussiana* Meiss. Tiliacées : *Grewia*, ex aff. *voodiana* K. Sil., cf. *mollis* Juss. Urticacées : *Pilea* sp. Verbénacées : *Lantana valvifolia* Jacq.; *Stachytarpheta angustifolia* Valh.; *Vitex cuneata* Schum. Violacées : *Fossidium enneaspermum* Vent. Vitacées : *Cissus*, cf. *juncea* Webb., *populnea* Guil. et Perr. Vitées : *Ampelocissus cinnamochroa* Planch., *salmonea* Planch.

Le répertoire de ces herbiers distingue et décrit un grand nombre de plantes à feuilles ou graines alimentaires servant parfois de base alimentaire aux indigènes (*Cenchrus*, *Nymphrea*, etc.), à fruits comestibles; il apprécie en valeur pastorale les divers éléments des herbages (plantes consommables ou non, recherchées ou non des chameaux, bœufs, chevaux, ânes, moutons ou chèvres); il indique les utilisations tinctoriales, de tannage ou médicinales (aphrodisiaques, remèdes, poisons de pêche, etc.).

Certains échantillons ont fait l'objet d'une étude spéciale à cause de leur intérêt spécifique (formes nouvelles) ou de leur valeur d'utilisation. Il en est ainsi, par exemple, du *Bridelia ferruginea* Benth. qui, au Haut Togo, permet, par le broyage de son écorce avec de l'argile, la fabrication de terrasses imperméables et lavables (castels des indigènes Sombas, etc.).

Enfin, un ensemble de photographies de stations botaniques reproduit l'aspect des échantillons en leurs peuplements spontanés, par exemple *Aristida pungens*, *Cratæva religiosa* L., *Bridelia ferruginea* Benth., *Cochlospermum tinctorum* Rich., etc., etc.

Ces récoltes botaniques (¹) sont les premières qui aient été effectuées au Haut Dahomey.

(¹) Les récoltes botaniques (herbiers) de la mission de Gironcourt, 1911-1912, ont été relatives à la flore du grand cratère du Manengouba (2700ᵐ), au Cameroun, et aux fougères de la grande forêt de ce même pays.

BOTANIQUE. — *Sur la cytologie des suçoirs micropylaires de l'albumen de* Veronica persica. Note de M. **Paul Dop**, présentée par M. Gaston Bonnier.

On sait, à la suite des travaux d'un grand nombre d'histologistes, que le noyau joue un rôle actif dans l'élaboration des produits de sécrétion cellulaire. J'ai cherché à préciser ce rôle dans les cellules haustorielles de l'albumen de quelques Angiospermes. Cette Note se rapporte aux résultats fournis par l'étude du suçoir micropylaire de l'albumen de *Veronica persica* Poir.

Ce suçoir est une énergide 4-nucléée (je l'ai observée une fois cependant 6-nucléée) dont l'origine et l'évolution sont tout à fait comparables aux faits décrits par Buscalioni sur *V. hederæfolia* L. et par Schmid sur la même espèce et sur *V. Chamœdrys* L. Au début cette cellule 4-nucléée est localisée dans la cavité micropylaire; puis elle se développe en détruisant les tissus de la base du funicule. Elle se comporte comme un véritable parasite et, par ses ramifications, elle finit par envelopper complètement la base du faisceau conducteur du funicule. Quand son développement est terminé, les diverses régions de ce suçoir sont le siège d'une abondante formation de poutrelles de cellulose enchevêtrées.

L'évolution des noyaux de ce suçoir est la suivante :

Au début, ces noyaux sont semblables à ceux de l'albumen. Leur forme est ovoïde ou sphérique. Leur chromatine ne forme pas de réseau bien défini, mais se présente sous la forme de granulations de petite taille, sphériques ou irrégulières, quelquefois réunies par de fins filaments. A ce stade, la chromatine est fortement basophile. Le nucléole est unique, à contour régulièrement ovoïde ou sphérique, et présente fréquemment une zone claire centrale. Quoique fixant bien la safranine et l'hématoxyline, ferrique, cet élément n'est pourtant pas chromatique, car par les teintures véritablement électives comme le triacide d'Erlich ou par des régressions suffisantes, il apparaît nettement acidophile. Dès que le suçoir se développe en digérant les tissus voisins, la structure des noyaux se modifie. La chromatine s'isole du nucléole par une vacuole claire, concentrique à ce dernier, et elle montre, en même temps, une déchromatisation nette de la plupart de ses granulations. Au même stade, le nucléole se déforme légèrement; il émet des fragments de taille et de forme variables, mais toujours en petit nombre, qui viennent souvent s'appliquer à l'intérieur de la membrane nucléaire; en même temps, quelques zones claires apparaissent dans sa masse et correspondent sans doute aux régions d'émission des éléments précédents. Cependant le nucléole et les éléments qui en dérivent ne paraissent encore subir aucun phénomène de désorganisation, car des aspects analogues se rencontrent dans les cellules de l'endosperme.

Le phénomène essentiel présenté par le noyau à ce stade est donc l'apparition, dans sa chromatine, de granulations acidophiles. Ce fait est bien connu dans les cellules sécrétives, comme Zacharias, Huie, Schniewind-Thiess, Rosenberg, Nemec, Tischler, Maziarski, Nicolosi-Roncati, etc., l'ont montré. Il est, dans le cas actuel, en relation avec l'existence d'un chondriome très net dans le cytoplasma. Ce chondriome, formé de chondriocontes courts et flexueux, de grains mitochondriaux isolés ou souvent groupés en chondriomites, de gros grains de sécrétion pleins ou vacuolisés, est comparable au chondriome que Guilliermond a décrit dans quelques ovules. Il est probable, comme l'admet Maziarski dans les cellules sécrétrices animales, que la chromatine échappée du noyau imprègne les formations mitochondriales qui sont comme on le sait d'origine cytoplasmique. Peut-être cette chromatine joue-t-elle un rôle dans l'élaboration des diastases aux dépens des pains de sécrétion. Et cela est conforme aux idées de Torrey et de Reed qui voient dans le noyau l'agent essentiel des processus diastasogènes, dans l'épiderme du cotylédon des Graminées par exemple.

Quand le suçoir a terminé son développement, à la période d'activité zymogène, succède la sénilité, caractérisée par l'apparition dans le cytoplasma de nombreuses vacuoles et de poutrelles cellulosiques. Ces dernières apparaissent sous formes de granulations qui se fusionnent ensuite, suivant le processus bien établi par Tischler dans les cellules haustorielles analogues des *Pedicularis*. Il m'a même paru que ces granulations se formaient à l'intérieur de grains de sécrétions d'origine mitochondriale, qui constitueraient ainsi des plastes formateurs de cellulose, analogues aux chloro- et aux leucoplastes. En même temps, les noyaux ont subi des modifications importantes. Leur taille est devenue géante et leurs contours irréguliers à aspect amiboïde. La chromatine se présente en granules de dégénérescence qui fixent d'abord nettement la laque ferrique d'hématoxyline, puis disparaissent peu à peu. Quant aux nucléoles, leurs dimensions ont considérablement augmenté; leur aspect devient lobé, amiboïde, et ils finissent par se fragmenter. En même temps, leur masse se creuse d'un réseau de vacuoles qui les transforment en un véritable tissu spongieux. Ils perdent leur substance nucléolaire qui diffuse probablement dans les ramifications des suçoirs. Conformément à l'opinion de Strasburger qui a montré que la formation des membranes cellulosiques dépendait surtout des substances contenues dans le noyau et en particulier dans le nucléole, il est possible d'admettre que la substance nucléolaire diffusée joue le rôle essentiel dans l'élaboration des grains de cellulose. Cette manière de voir

est d'autant plus vraisemblable que Maziarski a montré que le nucléole fournissait directement le matériel de sécrétion dans les glandes filières des larves des Lépidoptères.

En résumé, il est possible de diviser l'évolution du suçoir micropylaire de *Veronica persica* en deux périodes :

1° Une période d'activité zymogène, où seule la chromatine semble jouer un rôle actif;

2° Une période de sénilité, caractérisée par la dégénérescence de la chromatine et le maximum d'activité du nucléole dont la substance servirait à l'élaboration de granulations cellulosiques.

Dans ces deux périodes, l'élaboration des produits sécrétés, diastases et cellulose, se ferait par l'intermédiaire de grains de sécrétion dérivés du chondriome.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la formation de l'anthocyane au sein des mitochondries.* Note de M. **Guilliermond**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Nos observations ont porté presque exclusivement sur de jeunes bourgeons en voie de développement de Noyer et de Rosier.

Il est facile de constater l'origine mitochondriale de l'anthocyane dans les tissus vivants. Les feuilles de Rosier offrent, à ce point de vue, un objet d'étude exceptionnellement favorable. Il suffit pour cela d'observer dans l'eau à un fort grossissement les dents d'un fragment d'une feuille très jeune renfermant encore très peu d'anthocyane et appartenant à un bourgeon qui n'est pas encore ouvert. On peut ainsi suivre tous les stades successifs de la formation de l'anthocyane dans l'épiderme où ce pigment est presque exclusivement localisé. On constate d'abord des cellules incolores où le chondriome est peu visible, puis des cellules pourvues de nombreux chondriocontes allongés et uniformément colorés en rouge cerise par l'anthocyane. Plus loin, ces chondriocontes épaississent et forment chacun un renflement à leurs deux extrémités, ce qui leur donne l'aspect d'un haltère. La couleur du pigment s'accentue dans les renflements ainsi formés qui finissent par s'isoler par suite de la résorption de la partie effilée du chondrioconte qui les unit. Ainsi se trouvent formées, dans le cytoplasme, des sphérules imprégnées de pigment anthocyanique qui correspondent aux *cyanoplastes* décrits récemment par Politis. Ces corps grossissent, se placent sur le bord de la vacuole, puis s'introduisent dans cette dernière où ils subsistent quelque temps pour finalement se dissoudre dans le suc vacuolaire auquel ils donnent une coloration uniformément rouge. Tout cela est tellement net qu'on croirait être en présence d'une préparation colorée artificiellement. On constate les mêmes phéno-

mènes dans les feuilles de Noyer, mais avec moins de facilité par suite de l'épaisseur plus grande des feuilles.

La méthode de Regaud permet de suivre tous ces processus sur des préparations colorées. Prenons, comme exemple, la coupe d'une très jeune feuille de Noyer. Ici encore l'anthocyane est localisée uniquement dans l'épiderme. On observe dans les cellules épidermiques qui vont former de l'anthocyane un chondriome constitué par de nombreux chondriocontes. Une grande partie de ces éléments produisent bientôt sur chacune de leur extrémité un petit renflement et prennent ainsi la forme d'haltères. Dans chacun de ces renflements, on voit apparaître une vésicule analogue à celle où se dépose l'amidon dans beaucoup de plantules. Cette vésicule ne se colore pas par l'hématoxyline ferrique, mais offre une teinte jaune brillante qui correspond au pigment anthocyanique fixé et coloré en jaune par le bichromate de potassium. A un stade ultérieur, ces renflements s'isolent par résorption de la partie effilée du chondrioconte qui les unit et apparaissent dans le cytoplasme sous forme de sphérules. La masse pigmentaire contenue dans chacune de ces sphérules grossit beaucoup tout en conservant son écorce mitochondriale. Ces sphérules se disposent sur le bord de la vacuole et continuent à grossir, tandis que leur écorce mitochondriale devient de plus en plus mince et finit par disparaître totalement. Bientôt, elles s'introduisent dans la vacuole où peu à peu elles se dissolvent. La vacuole apparaît alors remplie d'un contenu finement granuleux, coloré en jaune, qui est dû à la précipitation du pigment par le bichromate de potassium.

Par sa fixation et sa coloration en jaune à l'aide du bichromate de potassium (méthode de fixation au bichromate-formol de Regaud), le pigment anthocyanique se comporte comme le tanin qui se trouve localisé dans le suc vacuolaire d'un grand nombre de cellules parenchymateuses de feuilles de Noyer et de Rosier. Frappés par cette analogie, nous avons essayé l'action des sels ferriques sur des dents de jeunes feuilles de Rosier qui montraient sur le frais tous les passages entre les chondriocontes pigmentés et l'anthocyane dissoute dans la vacuole. La réaction est facile à effectuer sous le microscope. En faisant passer un courant d'une solution de perchlorure de fer dans une préparation montée dans l'eau et en l'observant pendant un certain temps, nous avons pu constater que, à la coloration rouge primitive du pigment anthocyanique, se substitue peu à peu la teinte noire caractéristique du tanin. Cette teinte est localisée, non seulement dans les vacuoles à anthocyane, mais aussi sur le trajet des chondriocontes pigmentés et dans les sphérules formées aux dépens de ces derniers. Ces faits démontrent donc que, dans les plantes que nous avons examinées, l'anthocyane est un composé tannique.

Il est très curieux de constater que le tanin qui se forme dans les cellules qui ne renferment pas d'anthocyane et qui n'a pas, par conséquent, le caractère d'un pigment, est aussi le résultat de l'activité des mitochondries. Dans les feuilles de Noyer que nous avons observées à ce point de vue, le tanin des cellules parenchymateuses apparaît de très bonne heure à l'état de dissolution dans les vacuoles et il ne nous a pas été possible d'observer sa naissance. Par contre, on observe facilement dans les jeunes poils sécréteurs tous les stades de la formation d'un composé tannique précipitable et colorable en jaune par le bichromate et qui noircit par les sels de fer. Ce composé, qui se forme aux dépens des chondriocontes et de la même manière que l'an-

thocyane, n'est cependant pas de l'anthocyane, car les poils sécréteurs de Noyer ne renferment jamais de pigments à aucun moment de leur développement. Le tanin a donc aussi une origine mitochondriale.

Ces résultats sont intéressants non seulement parce qu'ils montrent le rôle de plus en plus important que paraissent jouer les mitochondries dans la vie cellulaire, mais encore parce qu'ils contribuent à éclaircir certaines questions physiologiques relatives à l'anthocyane. Ils semblent confirmer l'opinion récemment soutenue par Raoul Combes et V. Grafe que l'anthocyane n'est pas le résultat de l'oxydation de glucosides préexistants dans la cellule, mais est pour ainsi dire formé de toutes pièces, puisqu'elle est le produit de l'activité des mitochondries.

Sans insister davantage sur cette question très intéressante, bornons-nous pour le moment à conclure que l'anthocyane a comme les autres pigments des végétaux supérieurs (chlorophylle, xanthophylle, carotine) une origine mitochondriale. Seulement, tandis que ces pigments restent fixés dans leur plaste, l'anthocyane, une fois formée et après la résorption de son plaste, se localise dans la vacuole.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Variations des substances hydrocarbonées des feuilles au cours du développement.* Note de M. E. **Michel-Durand**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Sachs pensait que les feuilles, avant leur chute, se vident entièrement de tous les principes utiles au végétal, qui passeraient alors dans les parties vivaces de la plante.

En 1908, Raoul Combes (¹) établit que les feuilles tombées sont généralement plus riches en principes hydrocarbonés solubles que les feuilles encore adhérentes à la plante; c'est l'inverse pour les hydrates de carbone insolubles. Plus tard (²), dans une mise au point très documentée du problème de l'évacuation automnale, ce physiologiste constate l'insuffisance de nos connaissances à ce sujet, surtout en ce qui concerne les hydrates de carbone; ce sont les variations de ces principes que je me suis proposé d'étudier.

(¹) R. Combes, *Variations subies par les composés hydrocarbonés dans les feuilles à l'époque de la chute de ces organes* (*Comptes rendus de l'Association française pour l'avancement des Sciences*, Congrès de Lille, 1909, p. 525-531).

(²) R. Combes, *Les opinions actuelles sur les phénomènes physiologiques qui accompagnent la chute des feuilles* (*Revue générale de Botanique*, t. XXIII, 1911).

Le but de mes recherches a été :

1° D'étudier les variations des hydrates de carbone en cours d'année, surtout sur la fin de la végétation ;

2° De rechercher le rôle possible des agents atmosphériques supposé efficace par certains auteurs, et en particulier par Raoul Combes, mais qu'aucun fait précis n'avait encore confirmé ;

3° En partant des faits acquis et des résultats obtenus, de donner une explication rationnelle de l'épuisement des feuilles en dehors de l'hypothèse finaliste de l'émigration.

Les analyses ont porté :

1° Sur différents lots de feuilles de *Fagus silvatica*, cueillies à des époques déterminées de l'année. et sur des feuilles mortes ;

2° Sur des feuilles vertes, jaunes, brunes et rouges d'*Ampelopsis hederacea*, récoltées avant, pendant et après leur chute ;

3° Sur des feuilles de *Betula alba*, cueillies dans les mêmes conditions que celles d'*Ampelopsis* ;

4° Enfin, sur des feuilles abritées de *Fagus*, soustraites par conséquent à l'influence des précipitations atmosphériques ; les eaux de rosée, condensées sur les feuilles abritées, ont été soigneusement recueillies, puis analysées.

Dans les feuilles considérées, j'ai dosé les hydrates de carbone suivants : les sucres réducteurs, non réducteurs, les glucosides, les dextrines, l'amidon, les matières extractives donnant des sucres à l'hydrolyse et solubles dans l'eau sous pression, les amyloïdes, les hémi-celluloses et les celluloses proprement dites.

Voici à titre d'exemple un des Tableaux résumant les analyses effectuées sur les feuilles de *Betula* (les résultats sont rapportés à 1000 feuilles) :

Feuilles de Betula alba (les nombres expriment des milligrammes).

Date de récolte.	Poids sec total.	Sucres réducteurs.	Sucres non réducteurs.	Glucosides.	Dextrines.	Amidon.	Hydrates de carbone extractifs.	Amyloïdes.	Celluloses.	Total des hydrates de carbone.
9 mai....... (feuilles vertes)	44875	1810	830	2216	231	290	3971	1045	1649	12042
11 septembre. (feuilles vertes)	95900	3600	1310	5120	310	398	5360	2716	1800	20614
28 octobre... (feuilles jaunes)	75700	3765	1244	2484	166	traces	5422	2800	1868	17749
30 octobre... (feuilles tombées)	64400	2750	1120	1908	130	0	4772	2600	2372	15652

Remarques. — Les feuilles récoltées les 28 et 30 octobre ont supporté des températures inférieures à 0°.

Les analyses mettent en évidence les faits suivants :

1° Les feuilles analysées indiquent une diminution générale des hydrates de carbone à la fin de la végétation.

2° Après avoir atteint un maximum en poids sec vers août-septembre, ces organes perdent ensuite de leur poids jusqu'au moment de leur chute et cette déperdition de poids se continue même après leur séparation.

3° Les feuilles de *Fagus*, de *Betula* présentent leur teneur maximum en sucres réducteurs dans les feuilles jaunes ; les feuilles d'*Ampelopsis* présentent ce même maximum à l'époque qui précède immédiatement le rougissement des feuilles et qui est l'homologue du stade de jaunissement des feuilles ordinaires. Dans tous les cas, les sucres disparaissent ensuite rapidement.

4° Les sucres non réducteurs et les glucosides ne paraissent pas suivre une loi aussi générale. Ils présentent leur maximum dans les feuilles vertes de *Betula* et de *Fagus ;* ils sont surtout abondants dans l'*Ampelopsis* à l'époque où le rougissement commence. Ces substances disparaissent ensuite.

5° L'amidon, quand il existe, est toujours maximum dans les feuilles vertes ; il diminue ensuite graduellement ; les feuilles jaunes n'en contiennent déjà plus que des traces. Les feuilles mortes de *Fagus* en contiennent des quantités qui sont loin d'être négligeables, et ce polysaccharide persiste jusqu'au dessèchement complet de la feuille.

6° Les amyloïdes se comportent différemment dans les feuilles de *Betula* et d'*Ampelopsis*. Ils sont au maximum dans les feuilles jaunes de *Betula ;* ce maximum est réalisé dans les feuilles vertes d'*Ampelopsis*.

7° Les celluloses diminuent constamment dans les feuilles d'*Ampelopsis ;* c'est l'inverse dans les feuilles de *Betula*.

8° Le départ des principes hydrocarbonés se continue dans les feuilles détachées des arbres. Les feuilles abritées sont toujours plus riches en hydrates de carbone que les feuilles correspondantes exposées aux précipitations atmosphériques. Les eaux météoriques peuvent entraîner des hydrates de carbone solubles, comme le montre la présence de sucres dans les eaux de rosée.

Il est très vraisemblable que la plus grande partie des principes hydrocarbonés perdus par la feuille vers la fin de la végétation correspond à une émigration de ces substances vers la tige. A ce moment, la sève élaborée

entraînerait vers les parties vivaces plus de sucres que n'en fournirait la synthèse chlorophyllienne. Mais cette émigration n'est jamais totale, et si les feuilles étudiées continuent à s'épuiser en hydrates de carbone lorsqu'elles sont physiologiquement séparées de la plante par une assise séparatrice ou qu'elles sont détachées de leur tige, ce phénomène doit être rapporté en partie à leur respiration, comme Deleano [1] vient de le montrer en expérimentant sur des feuilles de Vigne séparées de la tige, en partie aussi aux eaux météoriques comme le montre la présence de sucres dans les eaux de rosée condensées au contact des feuilles abritées, adhérentes à l'arbre.

Que les substances sucrées solubles soient destinées à passer de la feuille dans la tige, servent à la respiration de la feuille ou soient entraînées par les précipitations atmosphériques, il apparaît que leur formation à partir des sucres complexes est favorisée à cette époque par l'abaissement de température. On sait en effet, depuis les travaux de Müller-Thürgau, de Fischer, etc., que les végétaux contenant de l'amidon, transforment ce polysaccharide en sucre, aux basses températures (entre 0° et +6°). J'ai observé le même phénomène sur des morceaux de tubercules de pommes de terre placés pendant quelques jours dans un milieu dont la température oscillait entre +1° et +6°.

Il est clair d'autre part qu'une fois les feuilles tombées à terre, la respiration ayant cessé, l'entraînement des sucres par les précipitations atmosphériques se continue et que la digestion et la disparition de ces substances qui persistent encore dans ces organes deviennent en partie l'œuvre des microorganismes.

ANATOMIE. — *Considérations anatomiques et histologiques sur les* tubes de Malpighi *de quelques* ORTHOPTÈRES. Note de M. L. BORDAS, présentée par M. Edmond Perrier.

Les *tubes de Malpighi* de presque tous les Orthoptères sont très nombreux, longs, cylindriques et vont déboucher à l'origine de l'intestin postérieur, soit circulairement, soit au sommet de petits tubercules coniques provenant d'évaginations intestinales [2]. Il n'y a d'exception à ce mode de

---

(1) M. DELEANO, *Studien über den Atmungsstoffwechsel abgeschnittener Laubblätter* (*Jahrbücher für wissenschaft. Bot.*, Bd. LI, 1912).

(2) Voir L. BORDAS, *L'appareil digestif des Orthoptères* (*Annales des Sciences Nat. Zool.*, 8e série, t. V, 1897, p. 1-208).

terminaison que pour quelques espèces appartenant à la famille des *Locustidæ* et pour les *Gryllidæ*.

Dans la tribu des *Gryllacrinæ* (*Gryllacris aurantiaca* Brunn.), les vaisseaux de Malpighi, au nombre de 80 à 100, sont quelquefois groupés en deux touffes s'ouvrant au sommet de deux bourrelets arqués, fixés à l'origine de l'intestin terminal. Chez la plupart des espèces, cependant, ces organes débouchent au sommet d'un tubercule hémisphérique unique. Ce tubercule, qui n'est qu'un simple cæcum de l'intestin, nous conduit directement au canal efférent commun ou urètre, élargi à son sommet, caractéristique des *Gryllidæ*. Supposons, en effet, que l'évagination conique des *Gryllacris* s'allonge progressivement, qu'elle se dilate ou se bifurque à son extrémité, et nous arriverons à la disposition que nous allons décrire chez les Grillons et les Courtilières. Les *Gryllacrinæ* forment donc un trait d'union entre les Gryllides et les autres Orthoptères.

Chez le *Gryllus domesticus* Latr., les tubes de Malpighi sont nombreux (100 à 130) et vont s'ouvrir dans une volumineuse ampoule collectrice ou réservoir urinaire. Cette vessie est à peu près régulièrement cylindrique, à extrémités arrondies, légèrement recourbée en arc. L'urètre, qui prend naissance vers le milieu de la concavité interne, donne à l'ensemble la forme d'un T. La disposition est à peu près la même chez le *Gryllus campestris* Latr.

Le réceptacle urinaire de la *Gryllotalpa vulgaris* Latr. est ovoïde ou piriforme, cylindrique dans sa partie médiane et conique à son bord distal. Son côté interne, également conique, se continue insensiblement avec l'urètre. L'ensemble de ces deux parties présente l'apparence d'une massue. Chez le *Brachytrupes achatinus* Stoll, la vessie est disposée, comme chez les Grillons, perpendiculairement à l'urètre et comprend deux parties très distinctes : une région centrale, large, boursouflée et irrégulièrement cylindrique et deux extrémités filiformes, renflées à leur partie cæcale et à diamètre double de celui des vaisseaux malpighiens. Les tubes urinaires, insérés circulairement sur le réservoir et ses deux prolongements, présentent une disposition qui rappelle l'apparence d'une brosse à bouteille. L'urètre se détache de la partie médio-interne du réservoir.

Le conduit excréteur ou *urètre* présente à peu près la même forme chez tous les *Gryllidæ*. C'est un tube cylindrique, plus ou moins long suivant les espèces, peu sinueux, qui perfore l'extrémité postérieure de l'intestin moyen. Mais ce n'est là qu'une terminaison apparente. Chez la *Gryllotalpa*, la direction du conduit est tout d'abord perpendiculaire à la paroi intesti-

nale, puis elle change brusquement et devient oblique au moment de son insertion sur l'intestin. L'extrémité terminale de l'urètre traverse les parois musculaires du tube digestif, s'y dilate en forme de vésicule ovoïde, entourée par la musculature circulaire, et débouche finalement à l'origine de l'intestin terminal par un orifice irrégulier, à bords profondément découpés et frangés.

Bien que, chez les *Gryllidæ*, l'urètre perfore l'extrémité postérieure de l'intestin moyen, il ne faut pas en conclure qu'il dépend de cette région du canal alimentaire. Le point de pénétration externe ne coïncide pas avec l'orifice terminal de l'urètre. L'ouverture, par suite de la direction oblique du conduit dans l'intestin et de son trajet à travers ses parois, est reportée à environ $1^{mm},5$ en arrière, c'est-à-dire à l'origine de l'intestin postérieur. Des séries de coupes, faites longitudinalement et transversalement, permettent de constater cette remarquable disposition.

Nous voyons donc que les tubes de Malpighi des GRYLLIDES (*Gryllus campestris* Latr., *Gryllus domesticus* Latr., *Gryllotalpa vulgaris* Latr., *Brachytrupes achatinus* Stoll, *Brachytrupes membranaceus* Drury, *Nemobius Sylvestris* Fabr., etc.) sont très nombreux et vont déboucher dans un réservoir collecteur impair (vessie urinaire), de forme très variable suivant les espèces.

Au point de vue *histologique*, les vaisseaux uriques sont tapissés intérieurement par un épithélium formé de grosses cellules irrégulières, se prolongeant parfois dans la lumière du tube. Les bourrelets épithéliaux, hémisphériques ou coniques, sont plus ou moins saillants. Les noyaux sont volumineux, très apparents et entourés de concrétions granuleuses. Toutes les cellules sont recouvertes d'une bordure ciliée, très caractéristique. Sur les parties émergentes, les cils sont longs, immobiles, rectilignes et disposés en touffes; au contraire, dans la région épithéliale intermédiaire, ils sont plus courts, serrés, réguliers et forment un revêtement en brosse. La longueur et la disposition de ces productions ciliformes varient suivant les régions du tube de Malpighi où on les observe. La structure du reste de la paroi n'offre aucune particularité remarquable.

Le *réservoir collecteur* (vessie urinaire) nous présente à considérer : 1° une enveloppe externe mince, constituée par quelques fibres musculaires; 2° une membrane basale, très ténue et à teinte claire; 3° une assise épithéliale formée par de longues cellules cylindriques, à parois latérales très nettes. Les noyaux sont volumineux, ovales et occupent la région médiane de l'élément. Enfin, la limite interne de l'épithélium est à

peu près régulière et porte une bordure ciliée en brosse. Les cils sont courts et forment un revêtement rubané, caractéristique par sa teinte claire. L'épithélium cilié du réservoir urinaire est surtout apparent et bien développé chez les *Brachytrupes*.

L'*urètre* est un tube cylindrique et court, à cavité interne irrégulière et sinueuse. Les sinuosités sont dues à six replis formés par l'épithélium interne. Ces replis conservent à peu près la même forme sur toute la longueur du canal et ne disparaissent qu'à son orifice postérieur.

Le conduit excréteur urinaire est recouvert extérieurement par une épaisse membrane musculaire, comprenant une mince assise de fibres longitudinales externes et une puissante couche de faisceaux circulaires internes. Viennent ensuite une membrane basilaire très ténue, une assise épithéliale chitinogène, et enfin une lamelle chitineuse (*intima*) interne. Cette dernière atteint son épaisseur maxima au sommet des replis.

L'épithélium chitinogène est constitué par de petites cellules rectangulaires, à limites latérales indistinctes, à noyaux sphériques et à protoplasma strié dans sa région interne. Enfin, l'*intima chitineuse* est très irrégulière. Elle présente parfois de fines denticulations et s'épaissit sur les plissements anguleux internes.

ZOOLOGIE. — *Le cycle évolutif de* Porospora portunidarum *Frenzel*. Note de MM. **L. Léger** et **O. Duboscq**, présentée par M. Yves Delage.

Nous avons montré antérieurement (1906-1909) que *Porospora gigantea* E. v. Bened. n'a chez le Homard qu'une évolution schizogonique. Tous les kystes, qu'ils soient doubles ou solitaires, donnent des gymnospores sans phénomène de sexualité. Et il en est de même chez *Porospora Legeri* de Beauch. (P. de Beauchamp, 1910) et chez *Porospora portunidarum* Frenzel (Léger et Duboscq, 1911). Restait à trouver la gamogonie de ces Grégarines si particulières. Nous pouvons affirmer aujourd'hui qu'elle se passe chez les Lamellibranches. Les *Nematopsis* découverts par Schneider (1892) chez le *Solen*, retrouvés et étudiés par l'un de nous (Léger, 1903, 1905, 1911) chez les Moules, les Mactres, les *Cardium*, etc., ne sont pas autre chose que les termes de l'évolution sexuée des *Porospora* aboutissant à une spore monozoïque qui est la véritable spore de ces Grégarines.

Nous avons étudié particulièrement *Porospora portunidarum* Frenzel. Sa schizogonie paraît se passer indifféremment chez le *Carcinus mœnas* ou les *Portunus*. On trouve sa gamogonie dans le *Cardium edule*.

Les spores du *Nematopsis* de *Cardium edule* se rencontrent, groupées en nombre variable, dans les canaux vasculaires des branchies. Elles mesurent 13^{μ} à 15^{μ} dans leur plus grand diamètre et ont la structure caractéristique. Une épaisse épispore recouvre l'endospore oviforme qui contient un unique sporozoïte replié sur lui-même. Au petit bout de l'endospore est un micropyle.

Fait-on manger à un *Portunus depurator* les branchies infestées d'un *Cardium edule*, 6 heures après on distinguera facilement dans l'intestin moyen les spores de *Nematopsis*. L'épispore est disparue. L'endospore est elle-même déjà vide, ou bien contient encore le sporozoïte. On peut alors assister à la sortie du vermicule. Elle est assez lente. Comme le micropyle est beaucoup plus étroit que le diamètre du sporozoïte, celui-ci doit s'effiler pour faire saillie au dehors et il ne sort qu'en s'étranglant successivement.

Le sporozoïte, sorti de la spore, mesure de 18^{μ} à 22^{μ}. C'est un vermicule assez trapu en avant et s'effilant progressivement en arrière. L'extrémité antérieure conique est très contractile. Un peu en arrière d'elle est une zone claire qui représente le noyau.

Au repos, le vermicule est généralement courbé en arc. Parfois il progresse d'un bloc en tournant sans changer sa courbure. Plus souvent il se contracte en S et la détente brusque le fait glisser rapidement.

Après coloration, le noyau ovoïde montre des caractères grégariniens. Il est bien limité par une mince membrane sur laquelle s'applique la chromatine très réduite. Un petit nucléole excentrique est le seul élément figuré de l'intérieur du noyau. Le cytoplasme est rempli par de grosses sphérules sidérophiles, sauf à l'extrémité antérieure où une area claire contient un grain simple ou double.

Le sporozoïte ne tarde pas à se fixer sur l'épithélium de l'intestin moyen, ou même à pénétrer à l'intérieur d'une cellule épithéliale. Considérons les stades extracellulaires qui sont les plus communs.

Le sporozoïte qui s'est piqué sur une cellule se tasse, puis s'effondre pour ainsi dire sur le plateau cellulaire en s'appliquant sur lui par une grande surface, comme cela se passe chez les Dactylophorides. On a ainsi (stades de 24 à 40 heures) de jeunes stades massifs, en cône ou en dôme, rappelant les *Ophryocystis* ou les *Eleutheroschizon* ou encore mieux, et cela se comprend, les stades de *Nematopsis* décrits par l'un de nous (Léger, 1911) dans le rein de la Moule. Parfois le sporozoïte semble prendre d'emblée cette position couchée, en particulier sur les flancs des cellules saillantes des grandes villosités. En s'accroissant, la jeune *Porospora* devient une petite Grégarine trapue, cylindrique ou ovoïde. Au quatrième jour une cloison transversale sépare un protomérite très court du deutomérite contenant le noyau, et le parasite n'adhère à l'épithélium que par un court mucron suceur. Ce sera la fin du stade de céphalin.

Parallèlement à cette évolution extracellulaire, qui est la plus commune, on observe de jeunes *Porospora* se développant à l'intérieur des cellules épithéliales et restant globuleuses. Nous sommes mal fixés sur la significa-

tion de ce développement intracellulaire. Est-il anormal? ou bien les stades extracellulaires donnent-ils tous des primites et les stades intracellulaires les premiers satellites, le sexe étant déterminé par le mode de nutrition? Nous ne pouvons encore répondre à cette question intéressante.

Dans tous ces stades de début, le cytoplasme est chargé de la substance chromidiale qui rend si vivement colorable le plasma des jeunes Sporozoaires. Quant au noyau, il est limité par une membrane plus différenciée et moins chromatique que chez le sporozoïte. Son nucléole grossit tout en restant excentrique et dans le suc nucléaire on distingue 2 ou 3 grains de chromatine.

Dès le cinquième jour, la jeune Grégarine, qui a généralement 12^{μ} à 13^{μ} de long sur 7^{μ} à 8^{μ} de large, se détache définitivement de l'épithélium. Ces très petits sporadins grossissent encore solitaires, cependant ils ne tardent guère à s'accoupler. On trouve des couples chez lesquels le satellite ne dépasse pas la taille des plus grands céphalins (13^{μ} à 18^{μ}). Mais le primite est toujours plus long que le satellite.

L'évolution se poursuit ensuite telle que nous l'avons décrite (1911) dans une Note précédente.

Il est certain que les kystes mûrs sont rejetés dans la mer et que les Gymnospores sont entraînées dans les *Cardium* par le courant d'eau qui amène les particules alimentaires. Nous ne sommes pas encore en mesure de décrire le début de l'évolution chez le Mollusque, mais nous avons revu dans le rein du *Cardium* certains stades pareils à ceux du *Nematopsis Schneideri* Léger, dans le rein de la Moule. Tout porte à croire que les schizozoïtes, issus des kystes rectaux du Crabe, sont déjà des gamétocytes qui vont croître dans le nouvel hôte et subiront tout au plus les divisions de réduction pour se transformer en gamètes. La spore dérive directement de la copula.

Les *Porospora* sont donc des Grégarines à changement d'hôte et à spores monozoïques.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la vaccination anticlaveleuse par virus sensibilisé. Durée de l'immunité. Applications de la vaccination.* Note de MM. **J. Bridré** et **A. Boquet**, présentée par M. Roux.

L'expérience qui nous a permis d'apprécier la durée de l'immunité conférée par la vaccination anticlaveleuse [1] a été conduite de la façon suivante :

---

[1] Voir *Comptes rendus*, t. 154, p. 144 et 1256; t. 155, p. 366.

Un troupeau de 108 agneaux de 8 à 10 mois ayant été isolé, 54 sujets furent vaccinés le 22 décembre 1911. Une réaction locale sous-cutanée fut constatée sur 38 agneaux. A partir du 4 janvier 1912, on soumit, chaque mois, à l'épreuve de la clavelisation un lot nouveau d'animaux vaccinés, pris tant parmi ceux qui avaient présenté une réaction locale que parmi ceux qui n'avaient pas réagi. Un nombre égal de témoins étaient clavelisés en même temps.

Jusqu'au douzième mois, tous les animaux vaccinés ont manifesté, à l'épreuve, une immunité absolue. Après douze mois et demi, les moutons qui avaient fait une réaction locale nette à la suite de la vaccination ont encore montré l'immunité complète vis-à-vis de l'inoculation virulente. Mais ceux qui n'avaient pas réagi d'une façon apparente à la vaccination n'ont montré à la clavelisation qu'une résistance relative. Certains ont fait une petite pustule.

Il ressort de cette expérience : que les animaux qui présentent à la suite de la vaccination une réaction locale nette acquièrent une immunité de longue durée, au moins supérieure à 12 mois et demi; que ceux qui ne présentent pas de réaction visible acquièrent une immunité qui tend à disparaître vers le douzième mois.

Pratiquement, on peut considérer que tout animal vacciné est à l'abri de la clavelée pour une période d'un an au minimum.

Sur la demande du Gouvernement général, l'application de la vaccination anticlaveleuse a été autorisée en Algérie sur les moutons destinés à l'exportation. Un décret présidentiel en date du 29 avril dernier prescrit en outre la vaccination obligatoire dans un certain périmètre lorsque la clavelée est constatée et autorise la vaccination en tout temps (sauf du 15 juin au 15 septembre) sur la simple demande des propriétaires, même en l'absence de cas de clavelée officiellement constatés.

Une vaste application de la nouvelle méthode d'immunisation vient ainsi d'être faite en Algérie. Du 1er janvier au 15 juin 1913, 1 245 000 ovins ont été vaccinés, sans qu'aucun accident ait été signalé.

L'innocuité de la méthode ne saurait être mieux attestée que par ce chiffre imposant de vaccinations.

Enfin, des expériences entreprises dernièrement dans le midi de la France, à la suite d'un désir exprimé par M. Leclainche, inspecteur général des services sanitaires vétérinaires, ont porté sur quelques centaines de brebis pleines ou en lactation. Elles ont établi la possibilité d'appliquer la vaccination anticlaveleuse sur nos moutons de races françaises pour lesquels la clavelée se montre particulièrement meurtrière.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur la contamination du lait par le bacille typhique par l'intermédiaire de l'eau.* Note de MM. **A. Trillat** et **M. Fouassier**, présentée par M. Roux.

Partant de l'idée que la contamination du lait par le bacille typhique devait être souvent réalisée par l'intermédiaire de l'eau, nous avons recherché jusqu'à quelles limites et sous quelles conditions, de très petites doses de bacilles typhiques diluées dans l'eau étaient encore capables de cultiver dans le lait : le présent travail donne le résumé des essais que nous avons entrepris sur ce sujet.

Tout d'abord, nous avons cherché à nous rendre compte de la marche du développement de la culture du bacille typhique dans le lait ensemencé à des doses infinitésimales. Le Tableau suivant indique à titre d'exemple le cas de trois échantillons de 20^{cm^3} de lait, ensemencés seulement au fil de platine plongé dans un bouillon de culture très étendu et fournissant à la numération 3600 colonies par centimètre cube.

Numération des colonies de suite après ensemencement et après un nombre d'heures variables.

Essais.	Immédiatement.	Après 2 heures.	Après 4 heures.	Après 12 heures.	Après 48 heures.
	col.	col.	col.	col.	col.
1...	66	6	72	3440	∞
2...	120	90	102	4008	∞
3...	120	138	60	4200	∞

Le développement du bacille typhique n'a commencé à se produire qu'après la douzième heure; après 48 heures, la culture est en pleine activité.

Pour avoir une notion de la facilité avec laquelle le lait peut être ensemencé par l'eau contenant un nombre très restreint de bacilles typhiques, nous avons institué une série d'expériences dans lesquelles un certain nombre d'échantillons de lait étaient ensemencés par des doses d'émulsions de bacilles typhiques de plus en plus minimes.

A cet effet, 1^{cg} de raclage de la partie superficielle d'une culture de bacille typhique sur gélose a été d'abord dilué dans 10^{cm^3} d'eau stérile : on prélevait une goutte de cette émulsion qu'on mélangeait avec 10 nouveaux centimètres cubes d'eau, et ainsi de suite jusqu'à l'obtention d'une émulsion étendue au cent-milliardième par rapport à l'émulsion du départ.

On ensemençait 20^{cm^3} de lait avec 5^{cg} de chacune de ces dilutions dont on numérait séparément les colonies : on faisait également la numération des colonies sur chaque échantillon de lait immédiatement après l'ensemencement. De nouveaux prélèvements étaient ensuite pratiqués après des espaces de temps variables : cette façon de procéder permettait bien de suivre la marche du développement de la culture.

Le Tableau suivant montre comment se comporte le développement de cultures obtenues par l'ensemencement de quelques dilutions très étendues par rapport à l'émulsion première.

Dilutions	$\frac{1}{80000}$.	$\frac{1}{1500000}$.	$\frac{1}{32000000}$.	$\frac{1}{500000000}$.
	col	col	col	col
De suite après l'ensemencement.	4000	120	0	0
Après 24 heures	4400	200	0	0
Après 30 heures	∞	∞	∞	0
Après 48 heures	∞	∞	∞	∞

A partir de la dose de $\frac{1}{32\,000\,000}$ on a constaté que, dans les mêmes conditions de largeur d'ensemencement, le bacille typhique ne poussait plus dans les bouillons classiques, et encore moins sur les milieux solides les mieux appropriés.

Les courbes que nous avons établies et qui montrent le développement du bacille typhique dans le lait sont remarquables : elles seront exposées dans une Revue spéciale. Après une période d'incubation variable pendant laquelle le microbe n'est pas décelable comme on l'a vu plus haut, par les procédés analytiques courants, le développement de la culture éclate en quelque sorte brusquement, passant en quelques instants, par exemple en moins d'une heure, de zéro ou de quelques colonies, à l'infini.

Une fois ensemencé, le bacille typhique semble se conserver indéfiniment dans le lait sans que la composition et même les propriétés organoleptiques de celui-ci aient notablement varié, ainsi que nous avons pu le constater dans des laits cultivant depuis 5 mois.

Ces expériences ont été faites sur des liquides stérilisés : en présence de germes étrangers, c'est-à-dire en opérant sur des milieux non stérilisés, il y aurait lieu de tenir compte de l'influence de la concurrence vitale des microbes qui modifierait plus ou moins les conditions de réussite de l'expérience. Malgré cette restriction, nos essais permettent cependant de tirer des conclusions intéressantes.

Ils font ressortir une fois de plus que le lait frais, grâce à sa composition et surtout à son degré de neutralité approprié, qui ne varie que dans d'étroites limites, offre un milieu extraordinairement favorable au déve-

loppement du bacille typhique. Ils montrent que le lait peut être ensemencé par lui dans nombre de cas insoupçonnés et notamment dans celui du mélange avec quelques gouttes d'une eau considérée comme indemne.

Si l'on songe, d'autre part, qu'à son tour, le lait peut devenir une cause fréquente de contamination de l'eau dans une foule de circonstances (par l'intermédiaire de récipients, par des infiltrations, etc.), cette remarque fait ressortir en outre l'influence réciproque de l'eau et du lait concourant ainsi, par leur ensemencement mutuel, à assurer la conservation du bacille typhique.

Sans rien diminuer de la valeur de la théorie hydrique, l'interprétation de nos résultats fait ressortir une fois de plus l'importance que l'on doit attribuer au rôle du lait contaminé dans la propagation de la fièvre typhoïde.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Recherche de l'urée dans les végétaux.* Note de M. **R. Fosse**, présentée par M. E. Roux.

Nous avons déjà fait connaître que ce corps, considéré comme un produit d'origine et d'excrétion purement animales, existe aussi dans le règne végétal (¹).

Si sa provenance dans les plantes alimentaires, où nous l'avons d'abord décelé, est incertaine et attribuable, dans l'état actuel de nos recherches, aussi bien à la cellule qu'au sol, il n'en va pas de même pour les *moisissures* et les *plantules* qui en réalisent la formation en se développant soit sur le liquide de Raulin, soit sur l'eau pure (²).

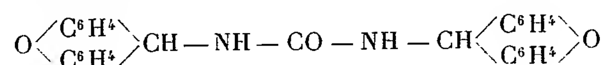
La méthode suivie pour établir ces faits insoupçonnés comportait les opérations suivantes : concentration au bain-marie, dans le vide, d'un suc d'expression *acétifié ;* épuisement acétique de l'extrait ; traitement de la solution par le xanthydrol ; cristallisation de l'urée dixanthylée.

Le danger de scinder les albuminoïdes en urée, en vertu d'une réaction que nous avons découverte (³), était rigoureusement exclu de nos expériences, grâce à la nature acide du liquide soumis à la distillation.

(¹) *Comptes rendus*, t. 155, p. 851.
(²) *Comptes rendus*, t. 156, p. 263 et 567.
(³) *Comptes rendus*, t. 154, p. 1819.

Mais, objectera-t-on, même dans ces circonstances, d'autres principes naturels, connus ou encore inconnus, ne sont-ils pas capables d'engendrer des traces de carbamide?

Dans l'espoir de dissiper le moindre doute sur l'existence réelle de l'urée libre dans divers végétaux, nous avons été conduit à chercher la possibilité de retrancher du mode opératoire le chauffage et la distillation. Le but visé a été atteint : *Le xanthydrol permet de précipiter l'urée sous la forme de sa combinaison dixanthylée*



$$O\langle{}^{C^6H^4}_{C^6H^4}\rangle CH - NH - CO - NH - CH\langle{}^{C^6H^4}_{C^6H^4}\rangle O$$

directement à partir de sucs ou de macérations de plantes, n'ayant pas subi l'action de la chaleur, non concentrés et refroidis.

Cette méthode, d'une très grande sensibilité, a été appliquée avec plein succès à des végétaux déjà examinés ainsi qu'à de nouveaux individus. Leur ensemble figure dans le Tableau suivant.

Noms.	Milieux de culture.	Partie examinée.
MOISISSURES.		
Aspergillus niger	Liquide de Raulin	Mycélium
Penicillium glaucum	»	»
VÉGÉTAUX SUPÉRIEURS ADULTES.		
Carotte (*Daucus carotta*, Omb.)	Terre maraîchère	Pivot
Pomme de terre (*Solanum tuberosum*, Sol.)	Terre arable	Tubercule
Épinard (*Spinacia oleracea*, Comp.)	Terre maraîchère	Feuille
Endive (*Cichorium endivia*, Comp.)	Fumier	Feuille
Chicorée frisée	Terre maraîchère	Feuille
Navet (*Brassica napus*, Cruc.)	Terre maraîchère	Pivot
Haricot vert (*Phaseolus vulgaris*, Lég.)	Terre arable	Gousse fraîche
Petit pois (*Pisum sativum*, Lég.)	»	Graine fraîche
Pourpier (*Portulaca oleracea*, Lég.)	Terre maraîchère	Feuille
Lactuca virosa	Terre non fumée	Feuille et tige
Potiron (*Cucurbita maxima*, Cucurb.)	Terre arable	Fruit
GRAINE A L'ÉTAT DE REPOS.		
Maïs jaune (*Zea Mays*, Gram.)	»	Graine entière

Noms.	Milieux de culture.	Partie examinée.
PLANTULES.		
Blé (*Triticum*, Gram.)	Eau de la ville	Plantule et cotylédon; plantule seule
Seigle (*Secale*, Gram.)	»	Plante complète âgée de 1 mois; partie verte âgée de 12 j.
Soleil de Russie (*Helianthus annuus*, Comp.)	»	Plante complète âgée de 1 mois
Betterave demi-sucrière (*Beta vulgaris*, Chén.)	»	Plantule et cotylédon
Fève des Marais (*Vicia Faba*, Lég.)	»	Plantule seule
Fève naine	»	»
Féverolle	»	»
Trèfle incarnat (*Trifolium incarnatum*, Lég.)	»	Plantule et cotylédon
Luzerne (*Medicago sativa*, Lég.)	»	»
Lentille (*Ervum lens*, Lég.)	»	»
Haricot à rames (*Phaseolus vulgaris*, Lég.)	Sable humide	Plantule seule
Gesse (*Lathyrus*, Lég.)	Eau de la ville	»
Gazon (Gram.)	»	Pousses vertes seules
Potiron (*Cucurbita maxima*, Cucurb.)	»	Plante complète âgée de 1 mois

EXPÉRIENCES. — *Précipitation de l'urée du suc de potiron.* — Du xanthydrol (1^g), en solution acétique, est introduit dans le suc d'expression de ce fruit, additionné de $\frac{1}{10}$ d'acide acétique cristallisable (5060^{cm^3}), rendu limpide par filtration. Après 24 heures de séjour à la glacière, le dépôt, rassemblé par centrifugation, chauffé avec une lessive alcaline, lavé à l'eau et à l'alcool, est épuisé par la pyridine bouillante. Poids d'*urée dixanthylée* ainsi obtenue, pure à l'analyse : $0^g,25$.

Dosage de l'azote (*Dumas*) : trouvé N pour 100, 6,85; calculé pour la formule $CO.\left[NH - CH\begin{matrix}\diagup C^6H^4 \diagdown \\ \diagdown C^6H^4 \diagup\end{matrix}O\right]^2$: N pour 100, 6,66.

Des eaux mères acétiques, une nouvelle dose d'uréine, pesant environ $0^g,10$ après cristallisation, est recueillie le lendemain.

Précipitation de l'urée de la macération aqueuse du maïs à l'état de repos. — On place en macération, durant 5 heures, avec le double de son poids d'acide acétique aqueux à $\frac{1}{10}$, cette semence (400^g), réduite en farine après lavages préalables à l'eau, à l'alcool et dessiccation. Le liquide d'expression filtré (580^{cm^3}), additionné de xanthydrol ($0^g,18$), est conservé 2 jours à la glacière. Le dépôt, épuisé par une lessive alcaline bouillante, lavée à l'eau, à l'alcool, est traité par ce dernier dissolvant, à l'ébullition, pendant 5 minutes. La solution filtrée dépose par refroidissement l'urée dixanthylée

en petits cristaux, fondant en un liquide coloré après quelques minutes de séjour dans la vapeur d'oxyde de phényle à l'ébullition (261° corrigé).

Précipitation de l'urée du suc plantulaire de Fève des marais. — Le liquide un peu trouble (75^{cm^3}), provenant de la centrifugation de ce végétal, broyé avec $\frac{1}{10}$ d'acide acétique, reçoit du xanthydrol ($0^g,03$) en solution acétique. Après 2 jours à la glacière, traitement à la potasse et à l'alcool froid, on isole de l'urée dixanthylée impure. L'addition d'une nouvelle dose de réactif provoque la formation d'un nouveau dépôt. Par cristallisation dans la pyridine, on transforme cette matière brute en uréine pure.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action de l'eau oxygénée sur l'amylase du lait de femme.* Note de M. L. **Lagane**, présentée par M. Roux.

L'addition au lait de femme de petites doses d'eau oxygénée accélère d'une façon très nette la liquéfaction et, à un moindre degré, la saccharification de l'empois d'amidon. Cette addition faite à d'autres laits n'entraîne aucune modification comparable.

Pour le mettre en évidence, nous nous sommes servi de couches d'empois d'amidon épaisses de 3^{mm} à 4^{mm} environ. Cet empois, très consistant, était composé de 10^g de farine de riz, dans une série d'expériences, de fécule de pomme de terre purifiée dans une autre série, et de 50^{cm^3} d'eau. Les couches d'empois étaient disposées dans le fond de grandes fioles d'Ehrlenmeyer de 100^{cm^3}. Nous faisions agir sur cet empois 20^{cm^3} de lait, additionné de trois gouttes d'eau oxygénée officinale neutralisée par centimètre cube de lait. Nous mettions à l'étuve à 37° et observions les résultats de demi-heure en demi-heure.

Nous avons constaté que, sous l'influence du lait cru de femme seul, l'empois d'amidon ne se liquéfie qu'incomplètement et seulement après 3 à 4 heures d'action. Sous l'influence du lait de femme bouilli, l'empois ne présente aucune liquéfaction après 3 heures; il en est de même après 3 et 4 heures sous l'influence du lait cru de vache, du lait cru de chèvre, de ces mêmes laits pasteurisés commercialement ou bouillis; mais par contre, nous avons vu que si l'on ajoute au lait cru de femme de l'eau oxygénée dans les conditions indiquées, la liquéfaction de l'empois d'amidon commence après 15 ou 30 minutes et est complète en 60 minutes.

L'addition d'eau oxygénée au lait cru de vache et au lait cru de chèvre ou à ces laits pasteurisés (1) ne détermine qu'une liquéfaction minime et

(1) La liquéfaction du lait de chèvre est un peu plus marquée cependant que celle du lait de vache.

tardive de l'empois; l'addition d'eau oxygénée dans ces mêmes laits bouillis ne détermine aucune liquéfaction. Toutes ces expériences ont été répétées avec au moins six échantillons de laits de provenance différente.

Nous avons, d'autre part, fait agir sur le même empois d'amidon dans les mêmes conditions: 1° de l'eau oxygénée seule; nous n'avons obtenu qu'une liquéfaction très tardive et extrêmement minime; 2° une solution d'extrait de jeunes pousses d'orge, mise très obligeamment à notre disposition par M. Jules Wolff, solution riche en peroxydases et exempte d'amylase: nous avons eu une liquéfaction très minime et tardive; 3° la solution précédente additionnée de traces d'amylase et d'eau oxygénée, toujours dans les mêmes proportions: la liquéfaction a été complète en une demi-heure.

De ces expériences nous pouvons conclure que l'addition d'eau oxygénée, en faible proportion, au lait cru de femme, augmente notablement l'activité de l'amylase qu'il contient. Les laits de vache et de chèvre, qui sont dépourvus de cette amylase, n'ont, en effet, qu'une action minime sur l'empois d'amidon; les laits bouillis, où elle a été détruite, n'en possèdent aucune.

De plus, outre l'accélération de la liquéfaction de l'empois d'amidon, l'addition d'eau oxygénée au lait cru accélère sa saccharification. Mais, ici, l'action semble bien moins marquée. Elle est d'ailleurs plus difficile à mesurer.

Pour le faire, nous avons procédé à des essais, répétés à proches intervalles, d'échantillons de nos ballons avec le réactif iodo-ioduré et avec la liqueur de Fehling à l'ébullition et, d'autre part, à des titrages des produits polarisables et des substances réductrices. Nous faisions ces mêmes titrages sur des quantités égales des mêmes échantillons soumis au préalable à une ébullition prolongée en présence de quelques gouttes d'acide sulfurique.

Nous avons constaté que, à la suite de l'addition de quelques gouttes d'eau oxygénée, le lait cru de femme transformait plus rapidement l'empois d'amidon, en ce sens que la durée d'action nécessaire à l'apparition des réactions colorées caractéristiques était plus courte qu'en l'absence d'eau oxygénée (30 minutes au lieu de 1 heure 30 minutes), et la quantité de substances réductrices formées était plus grandes. A ce dernier point de vue, nous avons trouvé, après 3 heures, $4^{g},70$ au lieu de $2^{g},10$. Après un plus long intervalle de temps, les chiffres tendent à être semblables.

La comparaison des chiffres des dosages polarimétriques (insuffisants par eux-mêmes à donner des renseignements précis par suite de la complexité

des substances contenues dans les solutions) et de ceux des dosages de substances réductrices avec les chiffres de ces mêmes dosages pratiqués sur les produits longtemps soumis à l'ébullition, montre que c'est vraisemblablement en activant la formation du maltose que se manifeste l'action de l'eau oxygénée.

Il semble légitime d'attribuer ces résultats à l'augmentation de l'activité de l'amylase du lait de femme. Nous avons eu, en effet, des résultats positifs seulement avec ce dernier lait, et des résultats à peu près négatifs avec des laits de vache et de chèvre, où l'amylase manque. Les diverses expériences de contrôle que nous avons pratiquées nous permettent, par ailleurs, d'éliminer complètement l'action hydrolysante propre de l'eau oxygénée aux doses et dans les conditions où nous l'avons employée.

L'agent de cette activation de l'amylase semble être l'eau oxygénée. C'est du moins l'hypothèse qui paraît la plus plausible. Toutefois cette action pourrait être due aux peroxydases du lait de femme, mises en jeu par la présence d'eau oxygénée. Les expériences qui nous ont montré que l'addition d'eau oxygénée rend très active, vis-à-vis de l'empois d'amidon, une solution peu active de jeunes pousses d'orge, riche en peroxydases et contenant des traces d'amylase, serait en faveur de cette hypothèse.

Nous pouvons donc conclure que l'eau oxygénée à petites doses accélère considérablement le pouvoir liquéfiant et, à moindre degré, le pouvoir saccharifiant de l'amylase du lait de femme vis-à-vis de l'empois d'amidon. Ce pouvoir, que nous attribuons à l'eau oxygénée, est peut-être le fait des peroxydases de ce même lait, et l'intensité de la peroxydation du gaïacol (réaction de Bourquelot) pourrait renseigner à son sujet.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur la loi d'action biologique des rayons X filtrés et non filtrés.* Note de M. **H. Guilleminot**, présentée par M. Villard.

Les expériences que j'ai faites antérieurement sur l'action biologique des rayons X m'ont amené à cette conclusion que les effets produits sont proportionnels à la dose d'énergie radiante fixée par l'élément considéré, quelle que soit la qualité du rayonnement X agissant.

Les nombreux travaux parus récemment sur les actions biologiques et thérapeutiques des rayons X, et les discussions auxquelles a donné lieu l'emploi des rayons filtrés et non filtrés m'ont engagé à compléter mes

résultats antérieurs et à préciser les conditions physiques qui doivent servir de base à la comparaison des résultats.

J'ai étudié les rayons n°s 4, 5, 6, 7 et 8 de Benoist, non filtrés et les rayons n° 8 filtrés par 1^{mm}, 2^{mm}, 3^{mm}, 4^{mm}, 5^{mm} d'aluminium; j'ai dressé les courbes des fractions transmises par la gélatine hydratée (¹) d'épaisseur croissante, et celles des doses absorbées par les couches millimétriques successives.

Le Tableau numérique suivant donne les résultats de centimètre en centimètre. On voit, par exemple, que 100 unités de n° 6 abandonnent 5,7 unités au premier millimètre rencontré, et 0,47 à une couche millimétrique située à 5^{cm}; tandis que 100 unités de n° 8 filtré par 5^{mm} d'aluminium abandonnent 1,595 au premier millimètre et 0,67 à une couche millimétrique située à 5^{cm} de profondeur.

Autrement dit, dans le premier cas un élément situé à 5^{cm} de profondeur absorbe 11 fois moins de rayonnement qu'un élément superficiel; dans le second cas, il absorbe presque moitié.

Il est donc indispensable, pour prévoir les effets biologiques d'un rayonnement dont l'intensité, au moment où il aborde un élément anatomique, est connue, de connaître, en outre, un *certain coefficient* : c'est le chiffre par lequel il faut multiplier l'intensité frappant cet élément pour avoir la dose millimétrique absorbée à cet endroit (à supposer l'absorption constante à travers toute la couche millimétrique); c'est ce qu'on peut appeler le *coefficient d'efficacité*. Le Tableau suivant indique, à côté des doses transmises à 1^{cm}, 2^{cm}, 3^{cm}, le coefficient d'efficacité du rayonnement transmis et le taux d'absorption millimétrique pour une dose incidente de 100 unités mesurées au niveau des téguments.

(¹) Gélatine hydratée dont la densité est environ 1,05 et dont le pouvoir d'absorption et le radiochroïsme sont à peu près les mêmes que ceux des tissus mous de l'organisme (moyenne).

Tableau indiquant : 1° les intensités du rayonnement transmis à $0^{cm},5$, 1^{cm}, 2^{cm}, ..., 8^{cm} de profondeur pour 100 unités incidentes, dans un tissu de densité moyenne 1,05 (gélatine hydratée);

2° L'efficacité [1] de ces rayonnements à chacune de ces profondeurs;

3° La dose moyenne fixée par une couche de 1^{mm} d'épaisseur de cette substance à chacune de ces profondeurs pour les 100 unités incidentes employées (dose efficace, à laquelle les effets physiologiques paraissent être proportionnels).

Comparaison des rayons non filtrés nos 4, 5, 6, 7, 8 de Benoist et n° 8 filtré par 1^{mm}, 2^{mm}, 3^{mm}, 4^{mm}, 5^{mm} d'aluminium.

Qualité du rayonnement incident.		Profondeur dans le tissu. 0 (à l'abordage).	$0^{cm},5$.	1^{cm}.	2^{cm}.	3^{cm}.	4^{cm}.	5^{cm}.	6^{cm}.	7^{cm}.	8^{cm}.
N° 4.	Dose transmise [2].	100	65	43	22	13	8	5,2	3,8	2,6	1,8
	Efficacité.........	0,1000	0,0920	0,0835	0,0680	0,0539	0,0475	0,0450	0,0420	0,0405	0,0390
	Dose efficace......	10	6,0	3,6	1,5	0,7	0,38	0,235	0,16	0,105	0,070
N° 5.	Dose transmise....	100	72	53	32,5	21,9	15,5	11,6	8,8	7,0	5,5
	Efficacité.........	0,0770	0,0694	0,0621	0,0483	0,0395	0,0357	0,0320	0,0300	0,0285	0,0272
	Dose efficace......	7,7	5,0	3	1,57	0,87	0,555	0,37	0,265	0,20	0,15
N° 6.	Dose transmise....	100	78	63	44	33	26	21	17,2	14,4	12
	Efficacité.........	0,0580	0,0512	0,0450	0,0355	0,0288	0,0246	0,0224	0,0209	0,0195	0,0189
	Dose efficace......	5,8	4,0	2,84	1,56	0,95	0,64	0,47	0,36	0,28	0,23
N° 7.	Dose transmise....	100	81	68	50	39	32	26,5	22,8	19,7	17,2
	Efficacité.........	0,0480	0,0438	0,0380	0,0300	8,0246	0,0206	0,0188	0,0171	0,0157	0,0151
	Dose efficace......	4,8	3,55	2,58	1,50	0,96	0,66	0,50	0,39	0,31	0,26
N° 8.	Dose transmise....	100	83,2	69,9	52,7	42	34,8	29,5	25,5	22,3	19,6
	Efficacité.........	0,0432	0,404	0,0350	0,0280	0,0230	0,0192	0,0173	0,0157	0,0143	0,0137
	Dose efficace......	4,32	3,28	2,45	1,48	0,97	0,67	0,51	0,40	0,32	0,27
N° 8 filtré par 1^{mm} Al.	Dose transmise....	100	86,5	76,2	61,1	50,6	43,0	37,3	32,6	28,5	25,4
	Efficacité.........	0,0332	0,0304	0,0270	0,0217	0,0188	0,0169	0,0152	0,0143	0,0137	0,0132
	Dose efficace......	3,32	2,63	2,07	1,33	0,95	0,73	0,57	0,47	0,39	0,335
N° 8 filtré par 2^{mm} Al.	Dose transmise....	100	89,2	80,4	67,0	57,1	49,4	43,3	38,2	33,8	30,1
	Efficacité.........	0,0258	0,0239	0,0214	0,0185	0,0164	0,0152	0,0142	0,0135	0,0130	0,0126
	Dose efficace......	2,58	2,14	1,72	1,24	0,94	0,75	0,614	0,518	0,442	0,382
N° 8 filtré par 3^{mm} Al.	Dose transmise....	100	91	83,5	71,8	61,8	54,5	48,0	42,5	37,8	34,8
	Efficacité.........	0,0211	0,0200	0,0182	0,0162	0,0152	0,0140	0,0134	0,0130	0,0126	0,0124
	Dose efficace......	2,11	1,82	1,52	1,165	0,935	0,767	0,646	0,553	0,478	0,424
N° 8 filtré par 4^{mm} Al.	Dose transmise....	100	92,8	86,0	74,5	65,4	57,8	51,3	45,7	41,0	37,0
	Efficacité.........	0,0180	0,0170	0,0162	0,0149	0,0141	0,0135	0,0128	0,01255	0,0124	0,0123
	Dose efficace......	1,8	1,58	1,39	1,11	0,925	0,778	0,66	0,575	0,510	0,455
N° 8. filtré par 5^{mm} Al.	Dose transmise....	100	95	87	76,1	67,2	60	53,8	48,5	44	40,2
	Efficacité.........	0,01595	0,0152	0,01475	0,0139	0,01335	0,0128	0,0125	0,0124	0,0123	0,0122
	Dose efficace......	1,595	1,445	1,285	1,06	0,90	0,77	0,67	0,60	0,54	0,49

(1) L'efficacité est exprimée par un coefficient numérique. En multipliant la dose transmise, tombant sur l'élément anatomique considéré à la profondeur indiquée, par ce coefficient, on a la dose efficace.

(2) Les doses sont exprimées en unités fluoroscopiques (unités M). On peut employer toute autre unité.

Appliquons ces données à un exemple :

MM. Regaud et Nogier, au cours de leurs remarquables travaux sur les rayons filtrés et non filtrés, ont observé que 14 H incidents de rayons n° 7-8 filtrés par 4^{mm} d'Al donnent à peu près la même réaction cutanée que 5H du n° 6 non filtré. Or, le coefficient d'efficacité du premier de ces rayonnements est, à l'abordage, de 0,018 et celui du second de 0,057 environ; la dose efficace dans le deuxième cas est de $5 \times 0{,}057 = 0{,}285$, et dans le premier cas de $14 \times 0{,}018 = 0{,}250$, nombres sensiblement égaux.

Toutes mes expériences personnelles, qu'il s'agisse de rayons filtrés ou non filtrés, tendent à établir, jusqu'ici tout au moins, que, à dose absorbée égale, les effets des rayons X de qualités variées sont égaux.

GÉOLOGIE. — *La découverte du Trias et du Jurassique dans les montagnes de Kopaïs (Grèce moyenne)*. Note de M. **Carl Renz**, présentée par M. H. Douvillé.

Les calcaires, les schistes et les serpentines composant les montagnes au nord et à l'est de Kopaïs étaient rapportés jusqu'à présent sans exception par M. Bittner [1] au Crétacé. L'auteur, qui vient d'analyser ces dépôts, y a distingué le Trias, le Jurassique et le Crétacé.

La route de Larymna par la baie de Skroponeri au monastère de Hagia Pelagia (Monts Ptoon) donne une coupe et une idée très claire de la série sédimentaire. Les formations du Trias, du Jurassique et du Crétacé comprennent les termes suivants :

Le Trias est représenté par des dolomies claires ou blanchâtres, renfermant à leur partie supérieure des Gyroporelles et des Mégalodontes. Ces dolomies, formant les montagnes au sud et au sud-ouest de Larymna, sont surmontées en concordance par un système complexe et très puissant de calcaires noirs ou gris foncés, très pauvres en fossiles. Au niveau inférieur de ces calcaires il existe des Mégalodontes. Dans les horizons plus élevés apparaissent des Spongiomorphides, c'est-à-dire *Cladocoropsis mirabilis* Felix. Ce fossile était connu jusqu'à présent en Dalmatie dans des calcaires suprajurassiques, mais prétithoniques. La différence d'altitude entre le niveau à *Megalodon* et les couches à *Cladocoropsis mirabilis* est dans cette coupe, à peine inférieure à 300^m-400^m. Les calcaires à *Cladoco-*

(1) *Denkschr. Akad. Wiss., Wien*, 1880, Bd. 40.

ropsis helléniques ont donc le même âge que les couches à faciès identique de Dalmatie, c'est-à-dire qu'ils appartiendraient au Jurassique supérieur.

Les calcaires noirs à *Megalodon* de cette coupe sont situés sur la crête au nord-ouest de la baie de Skroponeri, tandis que les calcaires suprajurassiques à *Cladocoropsis mirabilis* contournent cette baie du Sud au Sud-Ouest. Entre cette masse de calcaires foncés et les calcaires gris à Rudistes (*Hippurites*, *Radiolites*, *Biradiolites*) dans les environs du monastère de Hagia Pelagia affleure le groupe des silex et des serpentines. Cette série sédimentaire se continue vers l'Ouest. Les calcaires suprajurassiques à *Cladocoropsis mirabilis* furent rencontrés par exemple à l'est-nord-est du village Pavlu, et les calcaires noirs à *Megalodon* au sud-ouest du village Martini. La même série de calcaires foncés montre en outre un grand développement dans les montagnes des Lykovuni et de Ktypa (Messapus), surmontée à l'Ouest également par le système complexe de serpentines et de silex.

La même disposition des couches s'observe aux monts Chlomos. Le massif de Chlomos consiste en dolomies blanchâtres, surmontées sur les pentes méridionales de la chaîne des monts Chlomos, vers la vallée longitudinale d'Exarchos, par des calcaires noirs à Mégalodontes, en bancs épais.

A la partie supérieure de la masse des calcaires foncés s'observent, au bord septentrional de la vallée d'Exarchos, les calcaires suprajurassiques à *Cladocoropsis mirabilis*. La vallée d'Exarchos est remplie de couches plus élevées, siliceuses en connexion avec des serpentines, qui représentent le soubassement des calcaires à Rudistes du versant opposé de la vallée d'Exarchos.

Les calcaires noirs à *Megalodon* sont vraisemblablement supratriasiques, peut-être aussi infraliasiques. Le mauvais état de conservation des Mégalodontes ne permet pas une détermination exacte.

Un autre gisement de calcaires noirs à *Megalodon* se trouve dans la gorge à l'ouest d'Agnaudi, c'est-à-dire dans les montagnes de Karya (Spartias) et de Golemi.

Les calcaires à *Cladocoropsis mirabilis* furent rencontrés également dans ces montagnes, par exemple à l'est de Karya, entre ce village et Guvali et au nord de Golemi. Ils paraissent de même dans les monts Saromata, comme entre Braulo et Glunista et entre Dernitza et Budonitza.

J'ai reconnu les mêmes calcaires à *Cladocoropsis mirabilis* Felix, il y a 2 ans, dans les monts Oeta (Xerovunihorst). M. Felix, l'auteur qui a

créé cette espèce, a eu l'obligeance de comparer mes échantillons du mont Oeta avec ses types originaux de Dalmatie.

Tous les affleurements mentionnés sont situés au nord du fossé de Kopaïs. Dans les montagnes au sud du fossé de Kopaïs se trouvent de même des calcaires suprajurassiques à Polypiers, c'est-à-dire les calcaires tithoniques de la crête culminante de Vardussia et du massif de Parnasse (Likeri). Ces calcaires gris contiennent en outre *Sphæractinia diceratina* Steinmann, *Ellipsactinia ellipsoidea* Steinmann et des Gastropodes, comme des Nérinées et Actæonines. Les mêmes calcaires tithoniques à Gastropodes, c'est-à-dire à Nérinées et à Actæonines (*Actæonina acuta* Orb.) constituent les calcaires culminants de Kiona.

Il s'ensuit que des calcaires suprajurassiques sont très répandus dans les montagnes de la Grèce moyenne, centrale et orientale. Le développement du faciès de Dalmatie se rencontre donc à l'est de la Grèce; celui du Jurassique de la zone ionienne remonte vers l'Italie.

Dans l'Argolide le Lias possède le faciès ionien, les horizons jurassiques plus élevés présentant le faciès jurassique de la Grèce orientale.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *La vitesse des glaciers en hiver et l'inanité de la théorie thermique de leur progression.* Note de M. J. VALLOT, présentée par le Prince Roland Bonaparte.

La vitesse annuelle de progression des glaciers a fait l'objet de nombreuses études; mais le rapport entre la vitesse d'été et la vitesse d'hiver est totalement inconnu, les expériences qui ont été faites ayant été toutes viciées par des erreurs de technique.

La plupart du temps, on s'est contenté de suivre et de mesurer la marche d'un bloc erratique pendant une longue période; mais j'ai démontré que les changements de pente rencontrés par le bloc dans son excursion produisent des changements de vitesse correspondants qu'on a pris pour l'influence des saisons.

Le seul procédé légitime consiste à mesurer successivement pendant l'été, et ensuite pendant l'hiver, la vitesse de la même région du glacier, en ayant soin de rétablir les jalons rigoureusement sur la même ligne.

Ce procédé a été employé par Tyndall, il y a cinquante ans; mais son expérience a été viciée par cette circonstance que les deux mesures ont été faites à plusieurs années d'intervalle, au cours de la décroissance rapide du glacier. Or j'ai démontré que la vitesse varie avec les crues et que chaque diminution de 1^m dans le niveau de la Mer de Glace amène une diminution de 2^{cm} par jour dans la vitesse, de sorte que les expériences de Tyndall ne sont pas comparables entre elles.

J'ai entrepris de nouvelles mesures, pour lesquelles je me suis efforcé d'éviter les causes d'erreurs qui affectaient les expériences de mes devanciers.

En été 1912, j'ai établi en travers de la Mer de Glace, au Montanvert, une ligne droite formée d'une vingtaine de pierres numérotées, distantes entre elles de 20^{m} environ. Ces repères mobiles ont été alignés au théodolite, et leurs distances ont été chaînées. La ligne avait une longueur de 350^{m} et occupait la partie médiane du glacier, partie dont les divers points ont des vitesses peu différentes. L'expérience a duré du 6 août au 7 septembre, soit 32 jours, au bout desquels de nouvelles mesures ont permis de connaître l'espace parcouru par chacun des repères mobiles.

L'expérience a été reprise au cours de la saison froide qui a suivi immédiatement. Une ligne de piquets en bambous plantés dans la neige a été établie rigoureusement au même point le 29 décembre 1912. La position des repères mobiles a été mesurée le même jour et les mesures ont été reprises le 4 février, 37 jours après.

Le Tableau suivant donne la position des repères mobiles au commencement de chaque expérience et la vitesse de chacun d'eux en centimètres par jour. Les deux séries de repère étaient indépendantes, car les premiers étaient couverts de neige lorsque les seconds ont été établis.

Été.		Hiver.		Été.		Hiver.	
Distance à la station.	Vitesse en centimètres par jour.	Distance à la station.	Vitesse en centimètres par jour.	Distance à la station.	Vitesse en centimètres par jour.	Distance à la station.	Vitesse en centimètres par jour.
190	21,2	193	21,5	397	25,2	382	25,3
210	21,7	212	22,3	411	27,2	402	26,8
232	22,3	230	22,5	431	25,7	419	24,8
253	23,3	251	23,3	451	25,3	439	26,2
273	22,7	268	23,5	471	24,6	458	24,3
294	23,6	287	24,0	482	25,9	478	24,4
315	24,3	307	24,0	500	24,1	497	24,5
335	24,7	325	24,5	519	26,4	514	24,5
356	25,1	345	24,9	539	28,4	534	25,3
376	25,0	363	25,5				
				Moyenne....	24,6	Moyenne.	24,3

La moyenne donne 24,6 pour l'été et 24,3 pour l'hiver, en centimètres de vitesse par jour. L'erreur à craindre étant de 1^{cm}, la concordance est remarquable. Le détail des chiffres montre qu'il ne s'agit pas d'un hasard de moyennes, mais bien de chiffres semblables sur tous les points de la ligne. On peut dire que la vitesse du glacier n'est pas sensiblement différente en été et en hiver.

Depuis trois siècles (Scheuchzer, 1708) le sujet est à l'étude et les glaciologues sont divisés sur la question de savoir si le glacier descend sur la

pente uniquement par son poids ou s'il progresse par dégel, avec introduction d'eau suivie de regel dans ses fissures. Mes expériences à la Mer de Glace ont établi divers caractères qui assimilent le glacier à un fleuve coulant dans son lit : le glacier coule parallèlement à ses rives et non en éventail; la vitesse de chaque point varie en raison de la pente; la vitesse augmente avec les crues, etc. D'un autre côté, Forel et Hagenbach ont établi que l'existence des fissures capillaires était limitée à l'écorce du glacier et que la masse était imperméable. J'ai signalé le même fait dans le tunnel du sommet du mont Blanc.

J'ai démontré que la partie du glacier couverte de moraines progresse avec la même rapidité que la partie découverte, bien que beaucoup moins échauffée. J'ai démontré aussi que les glaciers supérieurs, qui pourtant ont un mouvement très caractérisé, ne peuvent pas avoir des alternatives de dégel et regel, puisque la variation diurne ne pénètre pas à plus de 1^m de profondeur et que plus bas le glacier demeure au-dessous de zéro. J'ai fait voir ensuite que la variation annuelle ne pénètre pas au delà de 6^m à 7^m de profondeur, et que la masse des glaciers de grande altitude se trouve à des températures uniformes trop basses (jusqu'à -13° et -15°) pour laisser supposer l'introduction de l'eau, même s'il existait des fissures capillaires.

Un seul indice de l'action de la chaleur restait encore, c'était l'augmentation de la vitesse en été. D'après les chiffres donnés ci-dessus, il paraît devenu certain que cette augmentation de vitesse n'existe pas. Toutes les objections sont tombées une à une. La théorie thermique s'écroule et paraît définitivement ruinée. Aucune variation calorifique, soit diurne, soit annuelle, ne peut pénétrer la masse interne du glacier, et celui-ci peut être considéré comme un fleuve qui s'écoule dans son lit sous la seule influence de la pesanteur.

M. Barbieri adresse une Note intitulée : *Étude anatomique sur la terminaison rétinienne du nerf optique dans la série des Vertébrés.*

(Renvoi à la Section d'Anatomie et Zoologie.)

A 4 heures et quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 4 heures trois quarts.

Ph. v. T.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 JUIN 1913.

PRÉSIDENCE DE M. P. APPELL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation de plusieurs diphénylpentanes et des dicyclohexylpentanes correspondants.* Note de MM. **Paul Sabatier** et **M. Murat.**

Dans plusieurs Notes antérieures [1], nous avons indiqué qu'on peut facilement transformer, par hydrogénation directe sur le nickel, les divers carbures *diphényliques* issus de l'éthane, du propane et des butanes en carbures *dicyclohexyliques* correspondants. Pour réaliser une généralisation plus complète de la méthode, nous avons voulu l'appliquer à quelques *diphénylpentanes*.

La théorie permet de prévoir l'existence de 18 hydrocarbures diphényliques issus du pentane ou de ses isomères, savoir : 9 issus du *pentane normal*, 7 du *méthylbutane* et 2 du *diméthylpropane* quaternaire. Parmi ces 18 hydrocarbures, nous en avons préparé trois, l'un, le *diphénylpentane*-1.5, issu du pentane normal, les deux autres provenant du *méthyl*-2-*butane*. Tous les trois ont été transformés, par hydrogénation directe sur le nickel, en carbures dicyclohexyliques correspondants.

I. *Dicyclohexylpentane*-1.5. — Nous avons pris, comme point de départ de la synthèse, la *diphényl*-1.5-*pentanone*-3,


$C^6H^5.CH^2.CH^2.CO.CH^2.CH^2.C^6H^5$,

(1) Paul Sabatier et M. Murat, *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 1771; t. 155, 1912, p. 385, et t. 156, 1913, p. 1430.

qui est facilement préparée en catalysant, sur la thorine ou sur l'oxyde ferreux, l'*acide hydrocinnamique* $C^6H^5.CH^2.CH^2.CO^2H$. Cette acétone, soumise à l'hydrogénation vers 180° au contact d'un nickel affaibli incapable d'hydrogéner le benzène, est totalement changée en *diphénylpentane*-1.5



$$C^6H^5.CH^2.CH^2.CH^2.CH^2.CH^2.C^6H^5.$$

C'est un liquide incolore, doué d'une belle fluorescence, qui bout à 324° (corr.). Nous avons trouvé $d_0^0 = 0{,}9924$, et à 19°, $d_0^{19} = 0{,}9814$ et $n_D = 1{,}559$; on en déduit $R_D = 73{,}72$ (calculé 73,77).

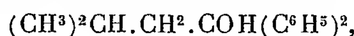
Cet hydrocarbure, hydrogéné vers 165° sur un nickel très actif, est totalement transformé en *dicyclohexylpentane*-1.5



$$C^6H^{11}.CH^2.CH^2.CH^2.CH^2.CH^2.C^6H^{11},$$

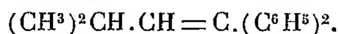
liquide incolore non fluorescent, qui est inattaqué à froid par le mélange sulfonitrique. Il bout à 311° (corr.). Nous avons trouvé $d_0^0 = 0{,}8832$, et à 21°, $d_0^{21} = 0{,}8719$ et $n_D = 1{,}479$; d'où l'on déduit $R_D = 76{,}6$ (calculé 76,14).

II. *Dicyclohexyl-4.4-méthyl-2-butane*. — Nous avons fait réagir l'éther méthylique de l'*acide isovalérique* $(CH^3)^2.CH.CH^2.CO^2.CH^3$ sur le bromure de phénylmagnésium. On est ainsi conduit au *diphénylméthylbutanol*



$$(CH^3)^2CH.CH^2.COH(C^6H^5)^2,$$

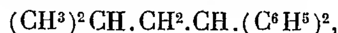
que la distillation sous pression ordinaire déshydrate totalement en *diphényl-4.4-méthyl-1-butène*-3



$$(CH^3)^2CH.CH = C.(C^6H^5)^2.$$

Ce dernier, ainsi préparé avec un bon rendement, se présente sous la forme d'un liquide jaunâtre qui bout à 298°-299° (corr.). Nous avons trouvé, à 21°, $d_0^{21} = 0{,}9792$ et $n_D = 1{,}581$; d'où l'on déduit $R_D = 74{,}3$ (calculé 73,7).

Cet hydrocarbure, hydrogéné vers 180° sur un nickel peu actif, fournit exclusivement le *diphényl-4.4-méthyl-2-butane*

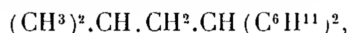


$$(CH^3)^2CH.CH^2.CH.(C^6H^5)^2,$$

liquide incolore un peu fluorescent, qui bout à 297° (corr.). Nous avons trouvé $d_0^0 = 0{,}9756$ et, à 21°, $d_0^{21} = 0{,}09641$ et $n_D = 1{,}551$; d'où l'on déduit $R_D = 73{,}9$ (calculé 73,8).

Par hydrogénation à 160°-165° sur un nickel très actif, il est transformé

complètement en hydrocarbure inattaqué à froid par le mélange sulfonitrique; c'est le *dicyclohexyl-4.4-méthyl-2-butane*



$(CH^3)^2.CH.CH^2.CH(C^6H^{11})^2$,

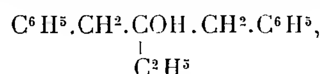
liquide incolore, dépourvu de fluorescence, qui bout à 290°-291° (corr.). Nous avons trouvé $d_0^0 = 0{,}9058$ et, à 21°, $d_0^{21} = 0{,}8940$, avec $n_D = 1{,}489$: on en déduit $R_D = 76{,}28$ (calculé 76,14).

III. *Dicyclohexyl-1.3-éthyl-2-propane.* — Nous avons fait réagir sur l'iodure d'éthylmagnésium, la *diphénylpropanone*



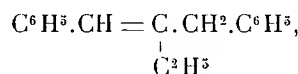
$C^6H^5.CH^2.CO.CH^2.C^6H^5$,

à laquelle on arrive facilement par catalyse de l'acide phénylacétique sur l'oxyde ferreux; nous avons ainsi préparé le *dibenzyléthylcarbinol*



$C^6H^5.CH^2.COH(C^2H^5).CH^2.C^6H^5$,

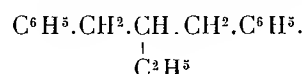
que la distillation sous pression ordinaire déshydrate immédiatement en *diphényl-1.3-éthyl-2-propène-1*



$C^6H^5.CH = C(C^2H^5).CH^2.C^6H^5$,

hydrocarbure qui bout à 306°-307° (corr.). Nous avons trouvé, à 21°, $d_0^{21} = 1{,}0159$, avec $n_D = 1{,}589$, d'où l'on tire $R_D = 73{,}6$ (calculé 73,7).

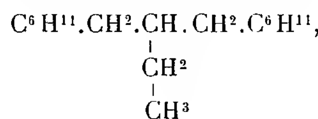
Par hydrogénation à 230° sur un nickel affaibli, incapable d'hydrogéner le benzène, il fournit le *diphényl-1.3-éthyl-2-propane*



$C^6H^5.CH^2.CH(C^2H^5).CH^2.C^6H^5$.

C'est un liquide incolore, dont la fluorescence surpasse celle du précédent, mais est moindre que celle du *diphénylpentane-1.5*. Il bout à 304°-305° (corr.). Nous avons trouvé $d_0^0 = 0{,}9855$ et, à 21°, $d_0^{21} = 0{,}9736$ et $n_D = 1{,}553$; d'où l'on déduit $R_D = 74{,}0$ (calculé 73,7).

Soumis à l'hydrogénation directe sur un nickel très actif, au-dessous de 180°, il se change intégralement en *dicyclohexyl-1.3-éthyl-2-propane*



$C^6H^{11}.CH^2.CH(CH^2.CH^3).CH^2.C^6H^{11}$,

liquide incolore non fluorescent, qui n'est pas attaqué à froid par le réactif sulfonitrique. Il bout à 296° (corr.). Nous avons trouvé $d_0^0 = 0,8966$ et, à 21°, $d_0^{21} = 0,8846$, avec $n_D = 1,843$, ce qui conduit à $R_D = 76,23$ (calculé 76,14).

IV. Aucun des hydrocarbures qui précèdent n'avait jusqu'à présent été décrit.

Il y a quelque intérêt à comparer les constantes physiques des divers *carbures diphényliques normaux*, c'est-à-dire à chaîne droite et à deux substitutions terminales :

	Points de fusion.	Points d'ébullition.
Diphényle	70°,5	254°
Diphénylméthane	27	262
Diphényléthane-1.2	52,5	284
Diphénylpropane-1.3	< 0	300
Diphénylbutane-1.4	52	317
Diphénylpentane-1.5	< 0	324

On remarque que les points de fusion sont plus élevés pour les hydrocarbures qui contiennent une chaîne forménique à nombre pair d'atomes de carbone, et ce fait mérite d'être rapproché de la relation analogue que fournissent les acides forméniques à chaîne normale, où un nombre pair d'atomes de carbone procure également des points de fusion plus élevés.

Il convient aussi de signaler que tous les carbures diphényliques sont fluorescents et que cette propriété appartient surtout à ceux que nous avons appelés *normaux*, possédant une chaîne forménique droite avec une substitution phénylique à chaque extrémité. Les carbures dicyclohexyliques ne sont pas fluorescents.

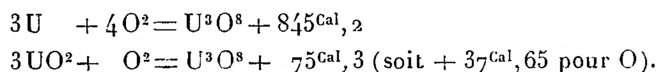
CHIMIE MINÉRALE. — *Hydrates de l'anhydride uranique et chaleur de formation de l'azotate d'uranyle.* Note de M. DE FORCRAND.

Comme suite à mes recherches sur la déshydratation et la décomposition des hydrates du nitrate d'uranyle, je me suis proposé de déterminer la chaleur de formation du nitrate d'uranyle anhydre.

Le problème nécessitait la connaissance de la chaleur d'oxydation de l'uranium, de la chaleur de formation des hydrates de l'acide uranique, et

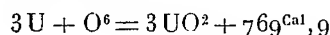
de la chaleur de neutralisation de cet acide et de ses hydrates par l'acide azotique.

Cette étude a été facilitée par ce fait qu'au moment où je l'entreprenais, M. W.-G. Mixter (1) a publié les données utiles relatives à l'oxydation de l'uranium, savoir :



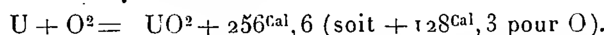
$$3U + 4O^2 = U^3O^8 + 845^{Cal},2$$
$$3UO^2 + O^2 = U^3O^8 + 75^{Cal},3 \text{ (soit } + 37^{Cal},65 \text{ pour O)}.$$

On en tire très facilement



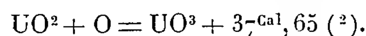
$$3U + O^6 = 3UO^2 + 769^{Cal},9$$

et



$$U + O^2 = UO^2 + 256^{Cal},6 \text{ (soit } + 128^{Cal},3 \text{ pour O)}.$$

En réalité le nombre $+ 37^{Cal},65$ représente le passage de UO^2 à U^3O^8; mais les deux oxydes U^3O^8 et UO^3 sont si voisins qu'on peut, sans crainte d'erreur notable, adopter la même valeur pour le passage de UO^2 à UO^3, et écrire :



$$UO^2 + O = UO^3 + 37^{Cal},65 \text{ (2)}.$$

Ce résultat étant acquis, je me suis occupé de l'anhydride uranique et de ses hydrates.

Si l'on ne craignait pas la polymérisation à haute température, le meilleur moyen d'obtenir UO^3 serait le chauffage du nitrate d'uranyle (déjà partiellement déshydraté à froid), jusqu'à poids constant, à 550°-600°, dans un courant d'oxygène sec.

Mais on obtient alors un produit fondu, rouge foncé, qui représente évidemment un état polymérisé inconnu.

On peut arriver au même résultat, au point de vue de la pureté du produit, en chauffant seulement à 290°-300°, et évitant toute fusion par un chauffage progressif très lent. Il faut aussi prolonger l'expérience beaucoup plus longtemps. Dans ces conditions le résidu est bien encore UO^3, ne retenant que des traces insignifiantes des composés nitriques. Il forme

---

(1) *Z. anorg. Chem.*, t. LXXVIII, novembre 1912.

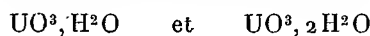
(2) Ce nombre est pratiquement le même que celui que donne le cuivre en se transformant en CuO ($37^{Cal},16$). Il est relativement faible et explique bien la réduction facile de UO^3 en UO^2 par l'hydrogène.

Au contraire le nombre +128,3 est très élevé, voisin de celui que fournit l'oxydation du baryum. C'est pourquoi UO^2 a été considéré au début comme un corps simple. En fait, il joue à peu près le même rôle que Cu.

alors une poudre jaune (à peine orangé) présentant bien l'aspect indiqué par M. Lebeau, et vraisemblablement moins condensé que le produit précédent.

Mais cet anhydride est extrêmement hygroscopique. Il faut donc prendre, à partir de ce moment, les précautions les plus minutieuses pour le soustraire à l'action de l'air humide.

Pour préparer les deux hydrates qui ont été décrits



$$UO^3, H^2O \quad \text{et} \quad UO^3, 2H^2O$$

j'ai employé divers procédés.

Le plus simple consiste à abandonner l'anhydride en poudre à l'action de l'air humide. La première molécule d'eau se fixe très vite. On obtient le dihydrate au bout de quelques jours à la température ordinaire.

J'ai employé aussi la méthode de M. Lebeau : action d'un excès d'eau froide sur l'anhydride. C'est encore le dihydrate qui se forme finalement.

Enfin, j'ai eu recours au procédé donné par M. Mailhe (¹) : action de $CU(OH)^2$, ou hydrate bleu du ciel de Péligot, sur une dissolution d'azotate d'uranyle. C'est encore le dihydrate que l'on prépare ainsi. C'est une poudre jaune clair.

Il a été plusieurs fois décrit, notamment par M. Riban (²).

Pour avoir l'acide uranique normal, UO^3, H^2O, on doit déshydrater partiellement le dihydrate. On peut le faire le plus commodément en le chauffant à 80° jusqu'à poids constant dans un courant d'air sec, ce qui demande 2 ou 3 heures.

J'ai alors dissous séparément ces trois substances : UO^3, $UO^3 + H^2O$ et $UO^3 + 2H^2O$ dans la quantité d'acide azotique (étendu) nécessaire pour obtenir l'azotate d'uranyle dissous (³). J'ai obtenu ainsi, vers 18° :

	Cal.	Différences.
UO^3 anhydre, préparé vers 290°-300°	+19,803	4,957
UO^3, H^2O	+14,846 (⁴)	2,471
$UO^3, 2H^2O$	+12,375	

(¹) *Thèse* de doctorat ès sciences, Toulouse, 1902, p. 60.

(²) *Comptes rendus*, t. 93, 1881, p. 1140.

(³) En réalité, surtout pour l'oxyde anhydre, il est nécessaire, pour avoir une dissolution complète en quelques minutes, d'employer une dose d'acide double; mais on en a tenu compte en dissolvant ensuite comparativement le nitrate d'uranyle dans l'eau et dans un excès d'acide.

(⁴) M. Aloy (*Thèse* de doctorat ès sciences, Toulouse, 1901, p. 36) a donné $+8^{Cal},40$,

Tout de suite on peut en conclure que la première molécule d'eau liquide fixée dégage $+4^{Cal},957$, soit pour l'eau solide, $+3^{Cal},527$; et la seconde, $+2^{Cal},471$, soit pour l'eau solide, $+1^{Cal},041$.

L'acide uranique UO^3,H^2O est donc un hydrate assez stable, dont le point d'ébullition serait 220°C. environ; en fait, j'ai expliqué plus haut qu'il résiste à 80°.

Le dihydrate, au contraire, bout à +135°, et doit s'effleurir assez vite à 80°. Il perd même une molécule d'eau (mais assez lentement) sous cloche sulfurique.

On peut encore déduire de ces nombres :

$$UO^2 \text{ sol.} + O^6 \text{ gaz} + N^2 \text{ gaz} \ldots\ldots\ldots \begin{cases} N^2O^6UO^2 \text{ solide} & +67^{Cal},25 \\ N^2O^6UO^2 \text{ dissous} & +86^{Cal},25 \end{cases}$$

Ces données achèvent de fixer la place de UO^2, considéré comme métal, parmi les métaux voisins. Ces valeurs sont plus faibles que celles fournies par des métaux plus oxydables tels que le manganèse (+133,77 et +146,70), et même le nickel (+100,12 et +111,94); elles se rapprochent de celles que donnent le cuivre, +71,49 et +81,96.

Enfin, ces résultats permettent de préciser ce qui se passe lorsqu'on chauffe le dihydrate de nitrate d'uranyle. En effet, il permettent de calculer immédiatement :

$$N^2O^6.UO^2 \text{ sol.} = N^2O^5 \text{ gaz} + UO^3 \text{ sol.} \quad -30^{Cal},60,$$
$$UO^3 \text{ sol.} + H^2O \text{ gaz} = UO^4H^2 \text{ sol.} \quad +14^{Cal},62.$$

D'autre part, mes recherches précédentes conduisent à

$$N^2O^6.UO^2, 2H^2O \text{ sol.} = N^2O^6.UO^2 \text{ sol.} + 2H^2O \text{ gaz} \quad -33^{Cal},27,$$

et, en raisonnant par analogie, d'après les expériences de M. Sabatier sur le nitrate basique de cuivre, on pourra admettre que l'union de UO^4H^2 avec le nitrate d'uranyle dégage $+4^{Cal},03$.

Dès lors, on peut comparer les deux réactions qui sont possibles lorsqu'on chauffe le dihydrate de nitrate d'uranyle au-dessus de 100°.

Première réaction, simple déshydratation . . . . $-33^{Cal},27$.

Deuxième réaction, les produits de la déshydratation, soit $N^2O^6.UO^2$ et $2H^2O$, fournissent :

---

mais en employant seulement NO^3H pour UO^3,H^2O, ce qui correspond à $+16^{Cal},80$ pour $2NO^3H$ et $2(UO^3,H^2O)$. La différence $+1^{Cal},954$ représenterait la chaleur de dissolution (positive) de UO^3,H^2O dans le nitrate d'uranyle dissous.

	Cal
$N^2O^6.UO^2$ sol. $= N^2O^5$ gaz $+ UO^3$ sol	$-30,60$
N^2O^5 gaz $+ H^2O$ gaz $= 2\,NO^3H$ gaz..................	$+10,80$
UO^3 sol. $+ H^2O$ gaz $= UO^4H^2$ sol.....................	$+14,62$
UO^4H^2 sol. $+ N^2O^6UO^2 =$ nitrate basique............	$+4,03$

La somme de ces quatre dernières équations donne seulement $-1^{Cal},15$, c'est-à-dire une quantité presque négligeable à côté de $-33^{Cal},27$, et dont on peut à peine répondre.

De sorte que les deux réactions envisagées (déshydratation simple et déshydratation accompagnée de décomposition) absorbent à très peu près la même quantité de chaleur, soit -33^{Cal} et -34^{Cal}.

Elles seront donc possibles à la même température limite, en fait 100° à 125° environ.

Dans des cas pareils : azotate d'uranyle, azotate de cuivre, chlorure de magnésium, chlorure de lithium, etc., on ne peut éviter absolument la seconde réaction (décomposition du sel). Il est possible seulement de la retarder et d'en diminuer l'importance soit en balayant rapidement l'eau éliminée par un courant de gaz inerte, soit, mieux encore, en chargeant ce gaz inerte de vapeurs de l'acide produit par la décomposition.

L'intelligence complète de ces phénomènes gagne évidemment à la connaissance des données thermochimiques correspondantes.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la diminution des chlorures dans l'urine sécrétée sous pression.* Note de MM. **R. Lépine** et **Boulud**.

L'un de nous a autrefois étudié la sécrétion qui se fait dans un rein soumis à une contre-pression (s'exerçant par l'uretère) de 40^{cm^3} à 50^{cm^3} d'eau, comparativement à la sécrétion libre de l'autre côté [1]. Un des résultats les plus constants de ces expériences était, dans le cas de contre-pression suffisante, la diminution considérable des chlorures du côté comprimé. Ce fait, malgré sa netteté, n'ayant pas été constaté par quelques expérimentateurs, nous avons cru de quelque intérêt de reprendre la question.

Une canule étant fixée dans chaque uretère, près de la vessie, et l'écoulement de l'urine observé pendant une heure ou deux (voir *Comptes rendus*,

[1] Lépine et Porteret, *Comptes rendus*, 9 juillet 1888.

10 mars 1913), nous continuons à laisser couler librement l'urine d'un côté, et nous mettons la canule de l'autre côté en rapport avec un tube rempli d'éther jusqu'à une hauteur dépassant 40^{cm}. Dès ce moment l'urine de ce côté est sécrétée sous pression, et nous la recueillons pendant 2 heures au moins pour la comparer quantitativement et qualitativement à celle du côté libre. Nos expériences sont au nombre de plus de vingt. Elles diffèrent peu entre elles. En voici une prise au hasard, qui peut servir d'exemple :

Chien 2921 B. — Contre-pression de 40^{cm^3}, injection à plusieurs reprises d'eau renfermant par litre 7^g de chlorure de sodium et quelques grammes de glucose, pour favoriser la diurèse; petite saignée pendant le cours de l'expérience qui dure 2 heures.

Δ du sérum	— 0,6
NaCl du sérum	6 pour 1000

Urine.

	Du côté libre.	Du côté comprimé.
Δ	— 0,9	— 1,05
Pour 1000 eau :		
Urée	6,6	10,5
Sucre	24	39
NaCl	8,4	6,4

Quantités absolues calculées pour 1 heure.

			Valeurs de la dernière colonne, celles de la première = 100.
Eau	83	30	36
Urée	0,547	0,315	57
Sucre	2	1,167	55
NaCl	0,697	0,192	27

Dans toutes nos expériences l'eau est toujours moins abondante du côté comprimé; mais souvent la différence n'est pas si forte qu'ici, où, du côté comprimé, l'eau n'atteint que 36 pour 100 du côté libre. L'urée est *toujours* moins diminuée que l'eau. Le sucre est ici 55 pour 100. Il a été sécrété presque aussi bien que l'urée. Quand on en injecte beaucoup et qu'en conséquence sa proportion est forte dans le sang, il est très souvent mieux sécrété que l'urée. Quant aux chlorures (ici 27 pour 100), ils sont toujours, par rapport au côté libre, à un chiffre beaucoup plus bas que l'urée et que l'eau.

Il serait intéressant de savoir si cette diminution considérable des chlo-

rures du côté comprimé tient uniquement à ce qu'ils passent de ce côté moins bien que du côté sain, ou si elle est due, pour une part, à ce qu'ils sont mieux résorbés. Le problème, au premier abord, paraît insoluble. On peut cependant l'aborder et lui donner même une solution *probable* si l'on veut bien, provisoirement, admettre quelques propositions que Frey s'est attaché à démontrer (*Pflueger's Archiv*, t. CXII, CXX, CXXIX) et que je résume de la manière suivante, en modifiant la première :

1° *Tant que l'eau et* NaCl *ne sont pas en forte proportion* dans le sang [1], toute l'eau et tout le NaCl de l'urine sortent exclusivement du sang par transsudation glomérulaire;

2° Le transsudat glomérulaire a sensiblement la même concentration moléculaire que le plasma (et que le sérum);

3° Le volume du transsudat glomérulaire, et celui de l'urine qui, pendant le même temps, coule par l'uretère, sont inversement proportionnels à leur concentration.

Si l'on accepte ces propositions dont quelques-unes, je le reconnais, pourraient être discutées à certains égards, il suffit, pour connaître la quantité de NaCl transsudé par le glomérule, de savoir en quelle proportion ce sel se trouve dans le sérum sanguin pendant l'expérience (le dosage nous donne ce chiffre), et quel est le volume du transsudat glomérulaire pendant un temps déterminé. En vertu de la proposition 3°, ce volume nous sera donné par l'équation suivante :

$$\frac{\text{volume du transsudat glomérulaire}}{\text{volume du l'urine de l'uretère}} = \frac{\Delta \text{ de l'urine}}{\Delta \text{ du sérum}}.$$

Introduisons les valeurs numériques de l'expérience précédente; appelons x le transsudat du côté libre et x' celui du côté comprimé, nous avons

$$\frac{x}{83} = \frac{-0,9}{-0,6}, \qquad \frac{x'}{30} = \frac{-1,05}{-0,6},$$

d'où l'on tire

$$x = 124^{\text{cm}^3},5, \qquad x' = 52^{\text{cm}^3},5.$$

En multipliant x et x' par la teneur du sérum en NaCl, que nous savons être dans ce cas 6g pour 1000, nous obtenons les quantités y et y' de NaCl transsudé du côté libre et du côté comprimé

$$y = 0,747, \qquad y' = 0,31.$$

---

[1] Frey ne fait pas cette restriction; mais les travaux de Schlayer paraissent la rendre nécessaire.

Si l'on soustrait de ces chiffres ceux de NaCl trouvés dans l'urine, à savoir 0,697 pour le côté libre et 0,192 pour le côté comprimé, on a pour NaCl résorbé :

Du côté libre.	Du côté comprimé.
0,05	0,12

Relativement à la quantité de NaCl transsudé, l'écart est encore plus considérable; car, du côté libre, 6,6 pour 100 seulement a été résorbé, tandis que du côté comprimé il en est résorbé 39 pour 100.

En résumé, la diminution considérable des chlorures dans l'urine du côté comprimé résulte à la fois de ce qu'ils transsudent en moindre quantité, et de ce qu'ils sont mieux résorbés (¹).

En terminant, nous ferons remarquer que lorsque l'écoulement est libre des deux côtés, malgré les différences de volume et de composition que ces deux urines peuvent présenter et que nous avons signalées dans notre dernière Note (*Comptes rendus*, 10 mars 1913), la résorption des chlorures, appréciée par la méthode que nous venons d'employer, est sensiblement la même des deux côtés.

PRÉSENTATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la formation d'une liste de deux candidats, qui sera présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique, pour le Cours complémentaire d'Études coloniales : *Protistologie pathologique*, créé au Collège de France par Décret du 28 mars 1913.

Au premier tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat de première ligne, le nombre de votants étant 42,

M. Nattan-Larrier obtient .... 41 suffrages
M. Tanon » .... 1 suffrage

Au second tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat de seconde ligne, le nombre de votants étant 36,

M. Tanon réunit l'unanimité des suffrages.

(¹) L'eau, dans cette expérience, a été *absolument* résorbée en quantité *moindre* que du côté libre. En effet, $52,5 - 30 = 22,5$, qui est < que $124,5 - 83 = 41,5$; mais, *relativement* au côté libre, elle l'a été en quantité *plus grande;* car 22,5 font 43 pour 100 de 52,5, volume transsudé du côté comprimé, tandis que 41,5 ne font que 33 pour 100 de 124,5, volume transsudé du côté libre.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique comprendra :

En première ligne........... M. NATTAN-LARRIER.
En seconde ligne........... M. TANON.

CORRESPONDANCE.

M. P. PASCAL adresse un Rapport relatif à l'emploi qu'il a fait et des expériences qu'il a exécutées à l'aide de la subvention qui lui a été accordée sur le *Fonds Bonaparte*, en 1912.

MM. GUSTAVE ANDRÉ et ALBERT QUIQUET adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Notices sur les ports des Lèques, du Brusq, de la Coudourière, du Mourillon, du Niel, du Lavandou et de Cavalaire*, par MM. COTTALORDA, MOREAU et CHAUVE. *Notices complémentaires sur les ports de Sanary, Toulon, Saint-Tropez, Sainte-Maxime et Saint-Raphaël; modifications survenues de* 1893 *à* 1911, par MM. COTTALORDA, MOREAU, CHAUVE, CASSIER, MATHIEU. (Envoi du Ministère des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes.)

2° COMMISSÃO GEOGRAPHICA E GEOLOGICA DO ESTADO DE S. PAULO. *Exploração do Rio Grande e de seus affluentes.*

ASTRONOMIE. — *Sur la réfraction astronomique sous un angle quelconque.* Note de M. ARNAUD, présentée par M. Bigourdan.

Dans un Mémoire antérieur ([1]), nous avons obtenu, pour déterminer la valeur de la réfraction astronomique, la formule

$$\sigma = \gamma_0 \int_0^{L} \left(1 - \frac{x}{\eta} \cot V - \frac{x^2}{2\eta q}\right)^{m-1} dx,$$

([1]) *Comptes rendus*, 28 septembre 1912.

où la valeur de L est donnée par la relation

$$L = q\cot V\left(\sqrt{1+\frac{2\eta}{q}\operatorname{tang}^2 V} - 1\right),$$

qui peut se transformer en celle-ci :

$$L = \frac{2\eta \operatorname{tang} V}{1+\sqrt{1+\frac{2\eta}{q}\operatorname{tang}^2 V}};$$

et nous avons résolu le problème de l'intégration pour le cas particulier où $V = \frac{\pi}{2}$, c'est-à-dire pour la réfraction horizontale.

En poursuivant le problème de l'intégration pour le cas général où V est quelconque, nous obtenons aujourd'hui les conclusions suivantes :

En se limitant, pour la réfraction pratique, à la précision de 0″,1, ou de 0,001 de sa valeur, on peut distinguer dans le ciel quatre régions :

Évaluant σ en fonction de l'unité d'arc, qui vaut 206265″, nous avons :

Première région :

$$0 < V < 48^\circ,$$
$$\sigma = \lambda \operatorname{tang} V,$$

λ ayant pour valeur l'indice de réfraction de l'air, diminué de l'unité.

Une Table générale des réfractions moyennes, correspondant à certaine valeur de p et de $T(272+t)$, peut être accompagnée d'une Table de correction basée sur la relation

$$\frac{\sigma}{\sigma'} = \frac{\lambda}{\lambda'} = \frac{p}{p'}\frac{T'}{T}.$$

Deuxième région :

$$48^\circ < V < 76^\circ.$$

La formule pratique devient

$$\sigma = \lambda \operatorname{tang} V - \frac{\lambda T}{34 q_1}\operatorname{tang}^3 V,$$

accompagnée de

$$\frac{1}{\mu q_1} = 156,8 - 17\frac{b}{U^2},$$

avec

$$b = \frac{p}{750}, \qquad U = \frac{272+t}{280}.$$

La correction $\frac{\lambda}{\lambda'}$ n'est plus complètement exacte, et il y aura avantage à construire pour chaque observatoire une Table des réfractions moyennes basée sur les conditions atmosphériques moyennes du lieu.

La formule ci-dessus peut d'ailleurs être remplacée par une autre, à peu près équivalente,

$$\sigma = \lambda \operatorname{tang} V - \frac{\lambda^2}{2} \operatorname{tang}^3 V \left(9{,}2 \frac{U^2}{b} - 1\right).$$

Troisième région :

$$76^\circ < V < 87^\circ.$$

Dans cette région il faut avoir recours à une formule, telle que la suivante, quelque peu empirique :

$$\sigma = \frac{2\lambda \operatorname{tang} V}{1 + \sqrt{1 + 2\mu T \psi \operatorname{tang}^2 V}}$$

avec

$$\mu = 10^{-6} \qquad \text{et} \qquad \psi = 10 - \frac{b}{U^2} - \frac{\operatorname{tang} V}{17}.$$

Chaque Observatoire ayant sa Table spéciale de réfractions moyennes construite d'après la formule ci-dessus, les corrections, pour des circonstances atmosphériques quelconques, seront obtenues au moyen de Tables ou d'Abaques, pour la construction desquelles on utilisera les Tables de réfractions moyennes des autres Observatoires, car la correction $\frac{\lambda}{\lambda'}$ serait très sensiblement inexacte.

Quatrième région :

$$87^\circ < V < 90^\circ.$$

Il faudrait faire entrer dans les formules une variable nouvelle θ, valeur moyenne de $\left(-\frac{dt}{dz}\right)$. Les Tables deviendraient ainsi très compliquées et sans utilisation pratique, étant donné que les observations sont rendues incertaines par les phénomènes de diffraction.

Cette région doit être considérée comme interdite aux observations de précision.

La correction $\frac{b}{U}$ est, d'ailleurs, de plus en plus inexacte, à mesure qu'on se rapproche de l'horizon, où il est moins inexact de la remplacer par $\frac{b}{U^{\frac{3}{2}}}$.

A noter que, pour adapter nos formules à des Observatoires situés à des latitudes très différentes de 45°, il y aurait lieu de modifier légèrement les constantes, soit en ce qui concerne le rayon de courbure de l'ellipse terrestre, soit en ce qui concerne la constante d'où dépend λ :

$$\lambda = 280\mu \frac{b}{U},$$

et qui est liée à la valeur de l'intensité locale de la pesanteur.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations intégrales à noyau asymétrique.* Note ([1]) de M. A. Korn, présentée par M. Émile Picard.

Supposons, en reprenant les notations d'une Note antérieure (*Comptes rendus*, 17 juillet 1911), l'existence de deux noyaux $k(x, y)$ et $k'(x, y)$ symétriques et réciproques par rapport au noyau asymétrique $K(x, y)$ de l'équation intégrale

(1) $$\varphi(x) - \lambda \int_0^1 \varphi(y) K(x, y)\, dy = f(x),$$

qui satisfont à la condition

(2) $$\int_0^1 f(x) \bar{f}(x)\, dx > 0,$$

si $f(x)$ est une fonction quelconque de x continue dans l'intervalle $0 \overline{\gtrless} x \overline{\gtrless} 1$, et si nous posons

(3) $$\bar{f}(x) = \int_0^1 f(y)\, k'(x, y)\, dy.$$

Soit

(4) $$k'_1(x, y) = \int_0^1 k'(x, z) K(z, y)\, dz; \qquad k_1(x, y) = \int_0^1 k(z, y) K(x, z)\, dz;$$

alors, on peut démontrer ([2]), si la condition

(5) $$k'_1(x, y) = k_1(y, x); \qquad k_1(x, y) = k_1(y, x)$$

de la *pseudosymétrie* est remplie, que tous les pôles λ_j ($j = 1, 2, \ldots, |\lambda_1| \overline{\gtrless} |\lambda_2| \overline{\gtrless} \ldots$) de la solution de l'équation (1) par rapport à λ sont simples et réels; si la condition

(6) $$\int_0^1 k_1(x, z)\, k'_1(y, z)\, dz = \int_0^1 k_1(z, x)\, k'_1(z, y)\, dz$$

de la *pseudosymétrie généralisée* est remplie, tous les pôles sont simples, mais ils peuvent être complexes.

Envisageons maintenant le cas général des pôles multiples et partons au lieu de l'équation (1) de l'équation

(7) $$\varphi(x) - \lambda \int_0^1 \varphi(y)\, cK(x, y)\, dy = f(x).$$

([1]) Présentée dans la séance du 16 juin 1913.

([2]) *Cf.* A. Korn, *Eine Theorie der linearen Integralgleichungen mit unsymetrischen Kernen* (*The Tôhoku Mathematical Journal*, t. I, 1912, p. 159-186; t. II, p. 117-136).

où c est une constante donnée, alors il faut distinguer pour chaque λ_j des fonctions fondamentales

$$\varphi_{j\rho,k}(x); \quad \varphi'_{j\rho,k}(x) \quad (\rho=1, 2, \ldots, n_j;\ k=0, 1, 2, \ldots, s_{j\rho})$$

satisfaisant à des équations un peu plus compliquées ([1]) qu'au cas des pôles simples.

J'ai démontré (*loc. cit.*, p. 119) le développement

$$(8) \qquad f(x)=\sum_1^{\infty}{}_j\sum_1^{n_j}{}_\rho\sum_0^{s_{j\rho}}{}_k\, C_{j\rho,k}\,\varphi_{j\rho,k}(x); \qquad C_{j\rho,k}=\int_0^1 f(x)\,\varphi'_{j\rho,s_{j\rho}-k}(x)\,dx$$

d'une fonction $f(x)$ quelconque continue dans l'intervalle $0 \overline{\gtrless} x \overline{\gtrless} 1$, pourvu que nous ayons démontré préalablement que cette série converge absolument et uniformément dans l'intervalle, et le développement ([2]) (*loc. cit.*, p. 126)

$$(9) \quad cK(x,y)=\sum_1^{\infty}{}_j\sum_1^{n_j}{}_\rho\sum_0^{s_{j\rho}}{}_k\,\varphi_{j\rho,k}(x)\left[\frac{1}{\lambda_j}\varphi'_{j\rho,s_{j\rho}-k}(y)-\frac{1}{\lambda_j^2}\varphi'_{j\rho,s_{j\rho}-k-1}(y)+\ldots\right],$$

pourvu que cette série converge absolument et uniformément dans le domaine

$$0 \overline{\gtrless} x \overline{\gtrless} 1, \qquad 0 \overline{\gtrless} y \overline{\gtrless} 1.$$

Supposons, pour éviter d'abord les questions de convergence, que le nombre des pôles λ_j soit fini $(=m)$ et posons

$$(10) \qquad ch(x,y)=\sum_1^{m}{}_j\sum_1^{n_j}{}_\rho\sum_0^{s_{j\rho}}{}_k\,\frac{1}{\lambda_j}\varphi_{j\rho,k}(x)\,\varphi_{j\rho,s_{j\rho}-k}(y).$$

$$(11) \qquad \begin{cases} k(x,y)=\sum_1^{m}{}_j\sum_1^{n_j}{}_\rho\sum_0^{s_{j\rho}}{}_k\,\varphi_{j\rho,k}(x)\,[\varphi_{j\rho,k}(y)]; \\ k'(x,y)=\sum_1^{m}{}_j\sum_1^{n_j}{}_\rho\sum_0^{s_{j\rho}}{}_k\,\varphi'_{j\rho,k}(x)\,[\varphi'_{j\rho,k}(y)], \end{cases}$$

en désignant par [—] le changement de $(+i)$ en $(-i)$. Alors $h(x,y)$ représente un noyau satisfaisant à la condition de la pseudosymétrie géné-

([1]) *Cf.* A. Korn, *Ueber freie und erzwungene Schwingungen*, Leipzig (éd. B.-G. Teubner), 1910, p. 117.

([2]) Nous pouvons toujours choisir les fonctions $\varphi_{j\rho,k}$; $\varphi'_{j\rho,k}$ de manière que les intégrales $A_{j\rho}$ (*loc. cit.*, p. 117) deviennent égales à 1.

ralisée; je veux démontrer que si l'on pose

$$(12)\qquad F(x)=\int_0^1 f(y)\,K(x,y)\,dy;\qquad \Phi(x)=\int_0^1 f(y)\,h(x,y)\,dy,$$

on aura

$$(13)\qquad \int_0^1 F(x)\overline{F}(x)\,dx \overset{=}{<} \alpha^2\int_0^1 \Phi(x)\overline{\Phi}(x)\,dx,$$

où α^2 est un nombre positif ne dépendant nullement du choix de la fonction f, et auquel on peut donner une valeur aussi rapprochée de l'unité qu'on voudra en donnant à c une valeur assez petite.

Formons en effet pour un terme

$$(14)\qquad f_{j\rho}(x)=C_{j\rho,0}\,\varphi_{j\rho,0}(x)+C_{j\rho,1}\,\varphi_{j\rho,1}(x)+\ldots+C_{j\rho,s_{j\rho}}\,\varphi_{j\rho,s_{j\rho}}(x)$$

de la série (8) les intégrales

$$(15)\qquad \Phi_{j\rho}(x)=\int_0^1 f_{j\rho}(y)\,h(x,y)\,dy=\frac{1}{\lambda_j}[C_0\varphi_0(x)+\ldots+C_s\varphi_s(x)],$$

$$(16)\qquad \begin{cases} F_{j\rho}(x)=\displaystyle\int_0^1 f_{j\rho}(y)\,K(x,y)\,dy=\frac{1}{\lambda_j}[B_0\varphi_0(x)+\ldots+B_s\varphi_s(x)],\\ \quad =\displaystyle\frac{1}{\lambda_j}\Big[\Big(C_0-\frac{1}{\lambda_j}B_1\Big)\varphi_0(x)+\Big(C_1-\frac{1}{\lambda_j}B_2\Big)\varphi_1(x)+\ldots\\ \qquad\qquad \displaystyle+\Big(C_{s-1}-\frac{1}{\lambda_j}B_s\Big)\varphi_{s-1}(x)+C_s\varphi_s(x)\Big]\end{cases}$$

(en supprimant pour le moment les indices $j\rho$ des C), alors on aura

$$(17)\qquad \int_0^1 F_{j\rho}(x)\overline{F}_{j\rho}(x)\,dx \overset{=}{<}\left\{1+\frac{1}{1\lambda_j[\lambda_j]}\right\}\int_0^1 \Phi_{j\rho}(x)\,\overline{\Phi}_{j\rho}(x)\,dx+\frac{3}{2\lambda_j[\lambda_j]}\int_0^1 F_{j\rho}(x)\overline{F}_{j\rho}(x)\,dx,$$

et en conséquence

$$(18)\qquad \int_0^1 F(x)\overline{F}(x)dx\overset{=}{<}\left\{1+\frac{1}{2\lambda_1[\lambda_1]}\right\}\int_0^1 \Phi(x)\,\overline{\Phi}(x)dx+\frac{3}{2\lambda_1[\lambda_1]}\int_0^1 F(x)\overline{F}(x)\,dx.$$

En choisissant c assez petit, nous pourrons faire $|\lambda_1|$ aussi grand que nous voudrons, et nous trouverons ainsi notre proposition démontrée. Elle est importante pour l'application de la méthode des approximations successives à la théorie des approximations intégrales dont les noyaux sont asymétriques et ne satisfont pas à la condition de la pseudosymétrie généralisée.

PHYSIQUE. — *Sur une nouvelle étude de l'*effet Volta, *faite à l'aide de la radioactivité induite.* Note de MM. **Ed. Sarasin** et **Th. Tommasina.**

Nous avons déjà communiqué plusieurs résultats des recherches que nous poursuivons depuis quelques années sur toute une série de phénomènes qui sont liés par leur origine ou par leurs modifications à celui de la radioactivité induite ([1]). Nous ne nous arrêterons pas à décrire les différents appareils et dispositifs et n'indiquerons ici que les changements essentiels qui nous ont fourni les faits nouveaux que nous avons l'honneur de signaler à l'Académie.

Dans l'électromètre connu d'Elster et Geitel, la capacité cylindrique creuse, en métal noirci, a été remplacée par une simple tige métallique. Une série de tiges de différente longueur et de divers métaux pouvant se remplacer sur l'électromètre étaient à notre disposition, ainsi que quatre grandes cloches cylindriques, deux en laiton, une en zinc et une en aluminium, de mêmes dimensions (18^{cm} de diamètre pour 36^{cm} de hauteur) et de même épaisseur, pouvant aussi se substituer l'une à l'autre sur le plateau de l'appareil de mesure. Quant aux écrans-grilles que nous avions déjà utilisés dans nos précédentes expériences, ils ont subi les modifications successives suivantes : écrans cylindriques en toile métallique à mailles depuis 25^{mm} à 2^{cm}, en fer zingué, en laiton et en cuivre; les mêmes, mais fermés en haut, donc des cloches-grilles; enfin des écrans-cloches troués, cylindriques fermés en haut, tous de mêmes dimensions (12^{cm} *d*, 18^{cm} *h*) et de même épaisseur, avec le même nombre de trous circulaires de même diamètre, faits à l'emporte-pièce avec bavures soigneusement limées, en aluminium, en zinc et en cuivre. Ces perfectionnements successifs apportés aux appareils dans le but d'éviter toute cause d'erreur attribuable à ce qui n'était pas exclusivement la différence du métal, n'ont fait que confirmer les premières constatations, de façon que nous pouvons désormais les présenter comme absolument sûres.

Pour étudier d'autres métaux, au lieu d'en faire de nouvelles cloches, nous avons simplement doublé l'intérieur d'une cloche à l'aide de grandes feuilles mobiles remplaçables facilement, ce qui nous a permis de constater que l'effet Volta se manifeste sur l'appareil de mesure même, par l'intervention de l'écran-grille qui doit être conducteur et relié au sol, ainsi que la cloche constituant l'enceinte close.

Voici maintenant les faits nouveaux que nous venons de constater :

1. Quand l'écran cloche-grille, écran troué, séparant complètement le champ de l'électroscope de celui de la cloche-enceinte radioactivée, est du

([1]) *Comptes rendus,* 28 novembre 1904, 19 août 1907, 2 septembre 1907, 9 juin 1908 et 20 février 1911.

même métal que la paroi interne de cette dernière et l'état des surfaces absolument identique, la vitesse de la décharge, due à l'ionisation produite par le rayonnement de radioactivité induite, a la même valeur quel que soit le signe de la charge de l'électroscope. On a une seule courbe de désactivation si l'on alterne le changement de signe des charges successives. Il faut faire deux ou mieux trois charges de même signe alternativement, parce que la première donne toujours des résultats irréguliers dus à l'intervention du résidu de la charge précédente de signe opposé.

2. Quand l'écran cloche-grille n'est pas du même métal que la paroi interne de la cloche-enceinte radioactivée, en procédant comme ci-dessus on a toujours deux courbes, c'est-à-dire que la valeur de la vitesse de la décharge change suivant le signe de la charge qu'on donne à l'électroscope.

a. Si le métal de la paroi interne de la cloche-enceinte activée est du cuivre ou du laiton et celui de l'écran cloche-grille du zinc ou de l'aluminium, la vitesse de la décharge des charges positives de l'électroscope augmente de valeur et celle de la décharge des charges négatives diminue.

b. Si le métal de la paroi interne de la cloche-enceinte activée est du zinc ou de l'aluminium et celui de l'écran cloche-grille du cuivre ou du laiton, c'est, au contraire, la vitesse de la décharge des charges négatives de l'électroscope qui augmente et celle de la décharge des charges positives qui diminue.

Si l'on considère ces résultats à côté des anciennes séries électrospécifiques de Volta, de Seebeck et de Péclet, dans lesquelles, comme on sait, le zinc se trouve à l'extrémité électropositive suivi par Pb, Sn et Cd, qui sont tous des métaux à surface rapidement oxydable, tandis que le cuivre se trouve à l'autre extrémité, celle électronégative, suivi par Pt, Ag et Au, qui sont très lentement oxydables dans les mêmes conditions, on est porté à donner, au sujet de l'explication de l'*effet Volta*, une importance très grande sinon exclusive à cette modification de la couche conductrice superficielle en une couche diélectrique. Nous avons un fait à l'appui d'une telle conclusion, qui est notre ancienne constatation [1] que l'effet *b*, indiqué ci-dessus, a toujours lieu lorsqu'on radioactive un métal recouvert d'une couche de substance isolante et qu'il est d'autant plus marqué que la couche est plus épaisse.

[1] *Comptes rendus du premier Congrès international pour l'étude de la Radiographie et de l'Ionisation à Liége*, 12-14 septembre 1905, p. 25-36.

La série électrospécifique d'Auerbach place l'Al avant le Zn; ce fait est confirmé par les résultats de nos recherches actuelles. Or l'aluminium est un métal dont la couche d'oxyde est plus isolante que celle des autres métaux, et elle se reforme immédiatement dès qu'on l'enlève.

Dans nos expériences il faut un écran pour qu'il y ait dédoublement de la courbe de désactivation; cela semble démontrer que la vitesse de déplacement des ions, et probablement aussi des électrons, joue un rôle dans le phénomène que nous avons étudié. Il faut donc que la couche superficielle modifie les vitesses et par son absorption aussi la quantité des ions et des électrons émis. Nous pensons que cette modification intervient également, autant lorsqu'un métal se trouve immergé dans un liquide, dans un gaz ou dans l'air ordinaire, ionisés par une action quelconque, que lorsqu'un champ électrostatique se produit par la simple mise en contact instantané de deux métaux isolés, comme, par exemple, le zinc et le cuivre. Notre hypothèse explique pourquoi deux métaux qui se trouvent aux extrémités opposées de la série de Volta produisent un effet plus sensible que celui d'un quelconque des couples intermédiaires.

PHYSIQUE. — *Sur les champs magnétiques obtenus avec un électro-aimant* (¹) *muni de pièces polaires en ferrocobalt.* Note (²) de M. **Pierre Weiss**, transmise par M. J. Violle.

L'étude des ferrocobalts, faite sous ma direction par M. A. Preuss (Thèse, Zurich, 1912), a montré que le fer, qui possède 11 magnétons par atome, forme avec le cobalt, qui en a 9, un composé défini Fe^2Co de 12 magnétons par atome. Si l'on tient compte de la différence des poids atomiques, de celle des températures de perte du ferromagnétisme et de celle des densités, on trouve que le ferrocobalt a une aimantation à saturation de 10 pour 100 supérieure à celle du fer, à la température ordinaire.

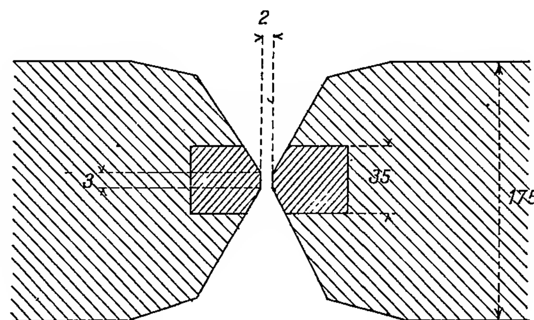
En attendant que l'industrie fournisse le ferrocobalt, M. de Freudenreich a réalisé par les moyens du laboratoire cette préparation, assez délicate lorsqu'il s'agit d'obtenir des pièces de dimensions notables sans trop de soufflures. Avec les matières premières : fer de Suède et cobalt industriel

---

(¹) Cet électro-aimant, destiné au Laboratoire de physique du Muséum, a été obligeamment laissé à notre disposition par M. Jean Becquerel pour la durée de la présente étude.

(²) Transmise dans la séance du 23 juin 1913.

à 98,5 pour 100, nous avons obtenu dans différentes fontes un gain de 9 pour 100 et de 9,7 pour 100, au lieu des 10 pour 100 de l'alliage de composition exacte. Le lingot qui donnait 9 pour 100 était le plus compact et a servi pour la taille des pierres polaires. Faute de matière suffisante pour les faire tout entière en ferrocobalt, on s'est borné à les munir de *pointes* de ferrocobalt comme il est indiqué sur la figure ci-dessous.



Les champs obtenus avec ces pièces polaires et avec d'autres, exactement de même forme, en fer de Suède, ont été mesurées au moyen de la méthode d'ascension, modifiée par A. Piccard et dont le caractère principal est la purification du ménisque par déversement. Le liquide employé est l'eau dont le coefficient d'aimantation est actuellement bien connu. L'ascension a dépassé 11^{mm}. Les mesures ont été faites avec grand soin par MM. Piccard et Fortrat.

Diamètre surf. front.	Entrefer.	Ampères-tours.	Champs. Fer.	Champs. Ferrocobalt.	Puissance.
mm 3,00	mm 2,00	25 000	g 39 800	g 41 840	kw 0,34
»	»	50 000	43 540	45 790	1,37
»	»	100 000	45 780	48 020	5,5
»	»	200 000	47 570	49 990	22
3,00	1,00	200 000	52 580	55 170	22

Dans tous les cas le gain par le ferrocobalt a été voisin de 5 pour 100. Même le remplacement partiel du fer par le ferrocobalt est aussi efficace que l'augmentation de la puissance dépensée dans le rapport de 1 à 4. La dernière ligne donne la mesure faite dans un entrefer très étroit, juste suffisant pour recevoir le tube à ascension. On voit que la méthode ne cesse pas d'y être applicable.

Les mesures des quatre premières lignes se rapportent à un entrefer

de 14^{mm^3} dans lequel on peut placer une étincelle, une petite flamme ou un milieu absorbant. Dans un espace de $0^{mm^3},5$, suffisant pour loger un grain de radium, on eût obtenu 75000^g.

L'électro-aimant est bobiné avec 1000 tours de tube de cuivre parcouru par un courant d'eau, le métal servant de conducteur électrique. Pour pouvoir faire passer la quantité d'eau nécessaire à la réfrigération, le tube est divisé en 10 sections, en dérivation pour le courant d'eau et en série pour le courant électrique. Le débit d'eau est 6^l par minute et l'échauffement maximum 50°. L'eau froide étant amenée dans la première couche de chaque bobine, le noyau reste froid. L'appareil atteint sa température de régime en 2 minutes et la garde indéfiniment.

PHYSIQUE. — *Sur les propriétés optiques de l'eau et sa constitution physique.* Note de M. C. Chéneveau, présentée par M. E. Bouty.

Une hypothèse émise par Röntgen et développée par MM. J. Duclaux et A. Piccard, pour expliquer les variations de quelques propriétés physiques de l'eau avec la température, attribue à l'eau une constitution physique complexe : l'eau serait, en réalité, formée par l'association ou le mélange de deux substances différentes, dont l'une serait analogue à la glace; la quantité de glace irait en diminuant, à mesure que croîtrait la température.

J'ai cherché si cette hypothèse s'accordait avec les variations des propriétés optiques de l'eau (¹).

On peut admettre, d'après M. Piccard, qu'à 0° la proportion de glace dans l'eau serait de 29,1 pour 100, tandis qu'à 100° cette proportion serait réduite à 1 pour 100.

L'indice ordinaire de la glace étant très voisin de son indice extraordinaire, nous adopterons un indice moyen n de 1,3095 (²). D'autre part, à 0°, la densité de la glace égale 0,9176 (Leduc). Il en résulte que

(¹) L'idée de cette recherche m'a été suggérée par M. Brillouin.

(²) Calculé d'après la règle de Tutton, pour le système hexagonal, $\frac{2n_o + n_e}{3}$, dans laquelle $n_o = 1,3091$, $n_e = 1,3104$ (Pulfrich). Les données numériques utilisées dans cette Note sont extraites du *Recueil de Constantes de la Société française de Physique*.

le pouvoir réfringent spécifique est $\frac{n-1}{d} = r_n = 0,3373$ (Gladstone) ou $\frac{n^2-1}{(n^2+2)d} = r_{n^2} = 0,2097$ (Lorentz).

L'eau, considérée à 0° et à 100°, a les constantes physiques suivantes :

θ.	D.	N.	R_n.	R_{n^2}.
A 0°........	0,99987	1,3341	0,3341	0,2063
A 100°......	0,95838	1,3182	0,3320	0,2059

Calculons le pouvoir réfringent spécifique, x_n ou x_{n^2}, de l'autre substance constituant, avec la glace, l'eau ordinaire, et que Sutherland appelle l'*hydrol;* on a (¹) :

	x_n.	x_{n^2}.
A 0°........................	0,3328	0,2049
A 100°......................	0,3319	0,2058

ce qui fait entre ces deux valeurs une différence de $-0,3$ pour 100 environ pour la loi de Gladstone et de $+0,4$ pour 100 pour la loi de Lorentz (²), écarts peu éloignés de la limite des erreurs expérimentales.

Ces résultats sont en accord avec l'hypothèse ci-dessus énoncée d'après laquelle l'eau serait le mélange en proportion variable avec la température de deux substances de propriétés peu ou point variables avec cet élément. Cette hypothèse suffit à expliquer les variations des constantes optiques de l'eau avec la température.

Il y a d'ailleurs lieu de remarquer tout d'abord, bien qu'il s'agisse de la même matière, la différence assez notable (2 pour 100) entre les pouvoirs réfringents des deux substances solide et liquide.

Un autre point très important est que l'hypothèse précédente ne modifie pas les propriétés optiques des solutions aqueuses, même en admettant que, pour une température donnée, la proportion de glace diminue avec la quantité de sel dissous dans l'eau (M. J. Duclaux et Mme E. Wollmann). Si l'on suppose, par exemple, une solution aqueuse de sel, contenant P^g de

---

(¹) Ces valeurs sont déduites des formules de Gladstone ou de Lorentz appliquées aux mélanges ou solutions

$$(1) \qquad 100 \times R_n \text{ ou } R_{n^2} = p \times r_n \text{ ou } r_{n^2} + (100 - p) x_n \text{ ou } x_{n^2}$$

dans lesquelles p est le poids de glace pour 100^g d'eau.

(²) Alors que la loi de Newton $\left(\frac{n^2-1}{d} = \text{const.}\right)$ donne une différence de 1,4 pour 100.

sel pour 100^g de solution, à la température θ pour laquelle la proportion de glace pour 100^g d'eau est p, la quantité de glace est $\frac{p(100-P)}{100}$, la quantité d'hydrol $(100-P)-\frac{p(100-P)}{100}$, et si R_{n^2} est le pouvoir réfringent spécifique de l'eau, on a

$$\frac{p(100-P)}{100}\,0,2097+\left[(100-P)-\frac{p(100-P)}{100}\right]0,2054=(100-P)\,R_{n^2}.$$

On obtient ainsi, pour quelques solutions aqueuses de KCl ($\theta = 15^\circ$ C.) :

P.	$\frac{p(100-P)}{100}$ (glace)	R_{n^2}.
0	16,3	0,2061
5,49	15,4	0,2061
13,06	14,17	0,2061
24,26	12,34	0,2061

Ainsi, la valeur du pouvoir réfringent spécifique de l'eau dans la solution ne varie pas, bien que la quantité de glace varie avec la concentration. Ce résultat ne modifie donc pas la loi de Lorentz [formule (1) précédente] pour les solutions et mène, comme je l'ai déjà montré [1], à une valeur moyenne de 0,1491 pour le pouvoir réfringent spécifique de KCl dissous, alors que ce pouvoir réfringent serait 0,1458 pour KCl non dissous. Il me paraît d'un grand intérêt de rechercher, par de nouvelles expériences, si cette différence de 2 pour 100 environ entre ces deux nombres est réelle.

PHYSIQUE. — *Sur un manoscope thermo-électrique de grande sensibilité.* Note de M. **Guéritot**, présentée par M. E. Bouty.

On peut, au moyen de soudures thermo-électriques, observer les plus légers déplacements de l'air contenu dans un tube réunissant deux réservoirs, si une petite partie de cet air a été préalablement chauffée.

Comme l'air se déplace pour la moindre différence de pression établie entre les réservoirs, on peut construire ainsi un appareil manométrique de grande sensibilité.

Le tube qui réunit les réservoirs est coudé en son milieu et disposé de telle façon que le coude soit son point le plus élevé. On chauffe régulière-

---

(1) C. Chéneveau, *Les propriétés optiques des solutions*, 1913, p. 205.

ment l'air contenu dans le tube au voisinage du coude à l'aide d'un circuit parcouru par un courant. L'air chaud ne se répand pas dans le tube, mais reste au point le plus élevé, dans la partie coudée.

C'est dans l'axe du tube, de part et d'autre de la région chauffée, que sont disposées les deux soudures d'un couple thermo-électrique relié à un galvanomètre. Si l'air contenu dans le tube est immobile, les deux soudures, environnées d'air non chauffé, sont à la même température, et le galvanomètre n'accuse aucun courant. Mais si cet air se déplace, il entraîne le gaz chaud vers une des soudures, et il naît un courant thermo-électrique décelé par le galvanomètre.

L'expérience a montré que le manoscope ainsi construit donne des indications très régulières. Le galvanomètre revient bien au zéro, après chaque déplacement; ses indications changent de sens avec le sens du courant gazeux. De plus, *les indications du galvanomètre sont proportionnelles au volume du gaz déplacé*.

L'appareil permet d'apprécier un déplacement de gaz d'*un dixième de millimètre cube*.

La sensibilité de ce manoscope peut être accrue en multipliant le nombre des soudures. Enfin, il est possible d'obtenir une inscription graphique avec un galvanomètre inscripteur.

Ce manoscope convient surtout pour déceler de brusques déplacements de gaz produits par une très faible variation de la pression du gaz renfermé dans un réservoir. Il nous a permis de réaliser les expériences suivantes :

1° Le manoscope est relié d'une part à un réservoir rempli d'air et d'autre part à un tube ouvert dans l'atmosphère. Il indique les variations de la pression atmosphérique par le déplacement de l'air qui entre ou sort du réservoir à chaque variation de pression; il peut rendre visible ainsi une variation de pression d'*un millionième de millimètre de mercure*. Par exemple, il décèle les variations de pression atmosphérique dues aux coups de vent, à l'ouverture d'une porte, au déplacement d'une personne dans le voisinage de l'appareil.

2° Grâce à l'absence complète d'inertie, il permet, relié à un *tube de Pitot*, de suivre les brusques variations de la vitesse du vent et d'observer des irrégularités qui seraient cachées par les oscillations d'un appareil présentant de l'inertie.

3° Enfin, grâce à sa grande sensibilité, ce manoscope, relié à un *thermomètre de Riess*, permet de mesurer l'énergie de très faibles décharges électriques. C'est ainsi qu'il peut mesurer l'énergie recueillie par un *résonateur de Hertz*, placé dans le thermomètre de Riess; le résonateur se trouve alors dans des conditions particulièrement avantageuses, parce qu'il est éloigné de toute pièce métallique pouvant troubler son fonctionnement.

PHYSIQUE. — *Sur un déplacement des lignes spectrales de certains métaux produit par la présence d'une autre vapeur métallique.* Note de M. **Keivin Burns**, présentée par M. Villard.

Dans mes déterminations sur le spectre de l'arc au fer ([1]), j'ai mesuré quelques raies appartenant à d'autres métaux existant, comme impuretés, dans les électrodes en fer. Les mêmes raies ont été mesurées par d'autres observateurs en prenant comme source de lumière un arc entre électrodes de charbon contenant, en grande quantité, le métal à étudier ou un de ses sels. En comparant les nombres obtenus dans les deux séries de mesures, on trouve une différence systématique, bien supérieure aux erreurs d'observation : la présence d'une grande quantité de vapeur de fer a pour effet de déplacer légèrement les lignes des métaux contenus à l'état de traces dans les électrodes. Un effet analogue est produit par la vapeur lumineuse de mercure sur la raie rouge du cadmium, sans que le déplacement puisse être expliqué par un effet de pression. Voici le résumé des faits qui m'ont conduit à ces conclusions :

Baryum dans l'arc au fer. — En plaçant un peu de chlorure de baryum sur les électrodes de fer on obtient, pendant très longtemps, les principales raies du baryum au milieu du spectre du fer. Je pensais ainsi pouvoir prendre les raies du baryum comme étalons, et les mesurer par interférence. Il se trouve que, d'une mesure à une autre, les lignes du baryum ainsi obtenues montrent de légers déplacements. De plus, les longueurs d'onde obtenues dans ces conditions sont toujours plus petites d'environ 0,015 angström que celles trouvées par Schmitz ([2]), en mesurant le spectre produit par un arc au charbon contenant un sel de baryum. La même différence existe entre mes nombres et les déterminations interférentielles de Eversheim ([3]).

Manganèse dans l'arc au fer. — On trouve un écart en sens inverse en comparant les excellentes mesures de Kilby ([4]) sur le spectre du manganèse avec mes déterminations des raies de ce métal, qui apparaissent comme lignes d'impureté dans le spectre du fer. L'arc au fer donne toujours une longueur d'onde plus grande, avec un déplacement qui est, en moyenne, d'environ 0,006 angström, mais qui est beaucoup plus

---

([1]) *Mesures faites au moyen d'un réseau : région* 2373-5434 (*Zeitschrift für wiss. Phot.*, t. XII, 1913, p. 207); région 5434-8824 non encore publiée. *Mesures interférentielles* (*Comptes rendus*, 26 mai 1913, et *Journal de Physique*, juin 1913).

([2]) *Zeitschrift für wiss. Phot.*, t. XI, p. 209.

([3]) *Annalen der Physik*, 4e série, t. XXX, p. 815.

([4]) *Astrophysical Journal*, t. XXX, 1909, p. 243.

grand pour certaines raies. Le cas le plus net est celui du triplet 6013, 6016, 6021 : Mes mesures de ces lignes faites dans l'arc au fer, soit au moyen d'un réseau à Bonn, soit par interférence à Marseille, donnent une longueur d'onde qui est de 0,030 angström plus grande que les valeurs trouvées par Kilby dans l'arc au charbon contenant du manganèse. L'existence du déplacement ne peut faire aucun doute.

Cadmium dans l'arc au mercure. — Une lampe en quartz à vapeur de mercure dans le vide, du modèle imaginé par M. Tian ([1]), contenait un amalgame à 7 pour 100 de cadmium. La raie rouge 6438 était émise avec une grande intensité; elle était moins fine que dans le tube de Michelson à vapeur de cadmium. En comparant la ligne émise par la lampe à amalgame avec celle que donne le tube de Michelson, j'ai trouvé que, dans le premier cas, la longueur d'onde était plus grande d'environ 0,012 angström. Ce déplacement ne peut être attribué à un effet de pression, car la pression de la vapeur de mercure dans la lampe n'atteignait probablement pas 1^{cm}, et le déplacement dû à une aussi faible pression est absolument insensible. On pourrait attribuer l'écart à la différence de conditions électriques des deux sources (arc à faible tension dans un cas, décharge à haute tension dans l'autre); cette explication n'est pas acceptable, car Eversheim a trouvé que l'arc au cadmium pur dans le vide donne la même longueur d'onde que le tube de Michelson. C'est donc bien la présence de la vapeur lumineuse de mercure qui produit l'effet observé.

En résumé : la présence d'une forte proportion de vapeur lumineuse (Fe, Hg) déplace les lignes de métaux contenus dans l'arc en faible proportion (Ba, Mn, Cd) par rapport aux positions qu'occupent ces raies lorsque le métal qui les produit est prédominant.

Il se peut que ce déplacement soit la conséquence de la présence de nombreuses particules dans l'état spécial où elles émettent de la lumière, et non des molécules ou atomes ordinaires.

J'indiquerai en terminant quelques conséquences possibles du phénomène que je viens de décrire.

On sait que certaines lignes de l'arc au fer montrent de petits déplacements selon la partie qui les émet. Goos, qui a étudié ce phénomène, a essayé de l'expliquer par des différences de pression à l'intérieur de l'arc. Il se peut que ces écarts se produisent, sans différences de pression, par des variations dans la proportion de vapeur de fer contenue dans les diverses parties de l'arc, ou même par des différences dans le nombre de particules lumineuses dans chaque unité de volume.

Le même effet peut intervenir pour une part dans les expériences sur le déplacement des raies par la pression, un accroissement de pression pouvant produire un accroissement de la densité des particules lumineuses.

([1]) *Comptes rendus*, 7 avril 1913, et *Journal de Physique*, juin 1913.

Il peut aussi se produire dans l'atmosphère solaire, et contribuer à produire les écarts constatés entre les longueurs d'onde des lignes dans l'arc et dans le spectre solaire.

Enfin, l'existence de cet effet montre qu'il n'est pas prudent de prendre comme étalons des lignes d'impuretés, en leur attribuant les longueurs d'onde trouvées dans des mesures faites dans d'autres conditions.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La détente adiabatique des liquides.* Note de M. L. GAY, présentée par M. Haller.

J'ai déterminé, expérimentalement, à l'aide de l'appareil décrit dans une Note précédente (¹), les coefficients de compressibilité adiabatique de divers liquides, soit à la température du laboratoire, soit à 0°.

Pour effectuer ces dernières déterminations, il suffit de placer l'appareil dans de la glace fondante. Après 1 heure et demie environ (quoique l'équilibre thermique ne soit pas atteint : le liquide du ballon a une température de quelques dixièmes de degré au-dessus de 0°), le déplacement du ménisque, dans le tube gradué, est d'une extrême lenteur et ne gêne en rien les déterminations.

Je me suis assuré, d'autre part, que le contact direct entre la glace et l'appareil n'apporte aucune perturbation dans les résultats.

J'ai, en effet, déterminé le coefficient de compressibilité adiabatique γ du bromure d'éthyle, d'abord en plaçant l'appareil dans un récipient de cuivre entouré lui-même de glace fondante (l'appareil était donc dans une atmosphère à 0°), puis en mettant directement l'appareil dans la glace. J'ai obtenu les résultats suivants :

1re détermination : température du liquide 1° ; $\gamma \times 10^6 = 75,3 \pm 1,8$ (²) ;
2e détermination : température du liquide 0°,4 ; $\gamma \times 10^6 = 74,9 \pm 1$.

Du coefficient de compressibilité adiabatique expérimental γ, j'ai déduit, par le calcul, le coefficient de compressibilité isothermique β.

Voici les résultats obtenus :

(¹) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1070.

(²) L'unité choisie est l'atmosphère, les déterminations sont faites pour une détente de 2^{atm} environ à 1^{atm}.

Corps.	Température.	$\gamma \times 10^{-6}$.	$\beta \times 10^{-6}$.	Déterminations antérieures (¹) de $\beta \times 10^{-6}$.
C^2H^5Br	0,4°	74,9 ± 1	111,4	
»	23	90,3 ± 2	135,1	
Isopentane....	0,4	135,2 ± 3,5	178,8	
»	23,3	170,7 ± 2,5	224,7	
Cyclohexane ..	25	84,1 ± 2	110,8	
CS^2	0,4	50,3 ± 1,3	78,6	78 (²); 80 (³)
»	23,5	62,9 ± 1,5	97,7	
$C^6H^5CH^3$	0,5	58,5 ± 1,8	77,8	77 (⁴)
»	23,8	69 ± 1,8	92,8	89,3 (⁴)
CCl^4..........	0,4	62 ± 0,8	90,2	
»	23,8	75,6 ± 2,2	108,5	
$CHCl^3$........	0,3	59,2 ± 1,8	82,1	101 (⁵)
»	23,8	70,2 ± 1	103,2	
$CH^3CO^2C^2H^5$..	0,2	70 ± 0,8	84,4	
» ..	22,9	85,2 ± 1,3	116,5	
» ..	13,3		103 (par interpol.)	104 (⁶)

Conclusions. — La concordance entre les résultats d'autres auteurs et les valeurs de β, tirées de mes déterminations expérimentales de γ, est une vérification de l'exactitude de ma méthode.

C'est encore une confirmation expérimentale de la formule de Clapeyron généralisée

$$El = T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_v = \frac{T\alpha}{\beta},$$

α coefficient de dilatation cubique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Labilité chimique et absorption des rayons ultraviolets.* Note de M. **Victor Henri**, présentée par M. Dastre.

J'ai étudié, en collaboration avec MM. Bielecki, Gompel, Inoye, Landau et Wurmser l'absorption des rayons ultraviolets par un grand

(¹) Tirées des Tables de Landolt.
(²) Colladon et Sturm.
(³) Röntgen à 3°, 3.
(⁴) Paggliano et Palazzo.
(⁵) Grimaldi.
(⁶) Amagat.

nombre de corps différents (*Comptes rendus*, 1912 et 1913; *Journal de Physique*, 1913; *Berichte d. deutsch. chem. Ges.*, 1912 et 1913; *Physikalische Zeit.*, 1913; *C. R. Soc. de Biol.*, 1912 et 1913).

Cet ensemble de recherches m'a conduit à chercher si l'intensité avec laquelle un corps absorbe les rayons ultraviolets ne se trouve pas en rapport avec d'autres propriétés physiques et chimiques.

1. *Comparaison avec les propriétés magnéto-optiques.* — Si l'on compare le pouvoir d'absorption des rayons ultraviolets avec des propriétés physiques semblables, telles que le pouvoir réfringent moléculaire, le pouvoir rotatoire magnétique, la susceptibilité magnétique et la biréfringence magnétique, on trouve, dans un grand nombre de cas, un parallélisme entre ces diverses propriétés, qui sont toutes expliquées dans les théories modernes par des actions électromagnétiques sur les électrons des atomes.

Toutefois, il est important de signaler que le pouvoir d'absorption des rayons ultraviolets est une propriété qui présente des variations bien plus fortes que celles des autres propriétés optiques et magnétiques. Ainsi, par exemple pour $\lambda = 2500$, la constante d'absorption moléculaire ε n'est égale pour l'alcool méthylique qu'à 0,004 et tandis que pour l'anthracène elle est égale à 335000. L'étude de l'absorption permet de trouver des différences pour des cas dans lesquels les autres propriétés optiques et magnétiques font défaut.

2. *Comparaison avec la constitution chimique.* — L'étude des relations entre le pouvoir d'absorption des rayons ultraviolets et la constitution chimique a été faite depuis Hartley (1872) par un grand nombre d'auteurs. On trouve d'une façon générale que si l'on compare des corps appartenant à une même série chimique, le pouvoir d'absorption augmente au fur et à mesure que la molécule devient de plus en plus complexe; de plus, la substitution de certains groupements moléculaires à d'autres (par exemple NH^2 à OH) produit une exaltation de l'absorption. Enfin, très souvent, la structure stéréochimique de la molécule influe sur l'absorption des rayons ultraviolets (acides maléique et fumarique; citraconique, mésaconique et itaconique).

3. *Comparaison avec la labilité chimique.* — Il existe encore une autre relation entre le pouvoir d'absorption des rayons ultraviolets et une propriété chimique fondamentale que l'on pourrait désigner par le nom de

labilité chimique. Le fait que certains corps réagissent facilement, lorsqu'on les mélange avec d'autres corps, ou qu'ils se décomposent ou se polymérisent facilement, tandis que d'autres corps sont stables ou ne donnent lieu qu'à des réactions extrêmement lentes, constitue une propriété moléculaire particulière. On peut dire, avec M. Job, que dans le premier cas le corps contient un grand nombe de *molécules prédisposées* à la réaction, tandis que, dans le deuxième cas, le nombre de ces *molécules prédisposées* serait très faible.

Il y a donc lieu de parler pour chaque corps de la grandeur de sa *labilité chimique;* cette labilité se mesure par les *vitesses* des diverses réactions chimiques auxquelles donne lieu le corps considéré.

Les théories modernes de la Chimie introduisent de plus en plus la notion d'électrons dans la représentation du mécanisme des actions chimiques. Il suffit de rappeler les expériences de Haber et Just (1911) sur l'émission d'électrons pendant la réaction entre les métaux alcalins et le phosgène; les études de J.-J. Thomson (1911) sur les rayons positifs; les relations entre l'effet photoélectrique des rayons ultraviolets, la fluorescence et l'absorption de ces rayons; le fait que les rayons α sont constitués par des molécules d'hélium chargées négativement; les études de Soddy (1913) d'après lesquelles à l'émission de rayons α correspond une baisse de la valence de deux unités et à l'émission de rayons β une augmentation de la valence du corps; tout cet ensemble converge vers la théorie électronique des réactions chimiques : *un corps qui réagit facilement contient des molécules qui peuvent libérer ou échanger facilement des électrons; les liaisons entre les atomes dans une molécule sont produites par des électrons.*

L'absorption des rayons ultraviolets étant une propriété électronique, on est amené à se demander si le pouvoir d'absorption des rayons ultraviolets n'est pas lié à la labilité chimique du corps.

Pour étudier cette question, on doit comparer entre eux des corps aussi semblables que possible, appartenant aux mêmes séries chimiques, les uns stables, les autres, au contraire, se décomposant facilement ou entrant facilement en réaction avec d'autres corps. Nous donnons, dans le Tableau suivant, quelques exemples qui doivent être comparés deux à deux; les valeurs des constantes d'absorption moléculaires $\varepsilon\,(J = J_0 . 10^{-\varepsilon c d})$ se rapportent aux mêmes valeurs de λ.

Corps à labilité chimique faible.

	ε.
1° Eau H^2O	0
2° Oxygène O^2	très faible
3° Acide malonique $COOH - CH^2 - COOH$	19
4° Acide succinique $COOH - CH^2 - CH^2 - COOH$	14
5° Acide butyrique $CH^3.CH^2.CH^2.COOH$	19
6° Acide tricarballylique $COOH.CH^2.CHCOOH.CH^2.COOH$	54
7° Diacétyl $CH^3.CO.CO.CH^3$	28
7° Acétonylacétone $CH^3.CO.CH^2.CH^2.CO.CH^3$	124
8° Atropine $C^6H^5 - CH(CH^2OH) - CO.OC^8H^{14}N$	175
9° Phénanthrène	540

Corps à labilité chimique grande.

	ε.
1° Eau oxygénée H^2O^2	15
2° Ozone O^3	2733
3° Acide oxalique $COOH - COOH$	130
4° Acide maléique $COOH - CH = CH - COOH$	1940
5° Acide α-crotonique $CH^3 - CH = CH - COOH$	700
6° Acide aconitique $COOH.CH = C.COOH.CH^2.COOH$	8100
7° Acétylacétone $CH^3.CO.CH^2.CO.CH^3$	10800
8° Apoatropine $C^6H^5 - C(=CH^2) - CO.OC^8H^{14}N$	780
9° Anthracène	8340

Il semble donc que l'on puisse énoncer la loi générale suivante :

Les corps dont les molécules sont labiles, c'est-à-dire qui réagissent facilement, absorbent fortement les rayons ultraviolets. Par conséquent, *à côté des effets produits par les différents groupements chimiques et par la constitution moléculaire, la prédisposition des molécules à entrer en réaction provoque une exaltation très forte du pouvoir d'absorption des rayons ultraviolets.*

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la thermo-électricité des aciers.* Note [1] de M. **Witold Broniewski**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans une Note précédente [2] nous avons pu déterminer, par l'enregistrement photographique, les points critiques du fer électrolytique.

J'ai cru utile d'entreprendre par la même méthode des recherches sur les propriétés thermo-électriques des aciers au carbone, vu que l'étude par points n'y avait donné que des résultats peu concluants (Harrison, 1902; Belloc, 1903; Picheux, 1909).

Les aciers provenaient des usines Holtzer et avaient la composition suivante [3] :

C.	Mn.	Si.	S.	Ph.
0,07	0,03	indosable	0,013	0,005
0,24	0,03	0,04	0,015	trace
0,44	0,08	0,05	0,016	trace
0,79	0,09	indosable	0,009	0,006
1,12	0,06	0,02	0,022	indosable

L'échauffement se faisait au four à résistance électrique soigneusement bouché avec des tampons d'amiante. Dans les mêmes conditions a été reprise, à titre de comparaison, l'étude du fer électrolytique.

Les courbes de la force thermo-électrique du fer et des aciers par rapport au cuivre, obtenues pendant l'échauffement, sont reproduites sur la figure suivante, décalées l'une sur l'autre de 1 millivolt.

Nous voyons que les trois points critiques des aciers (a_1, a_2, a_3) peuvent y être remarqués. Pour le fer électrolytique (E), les points a_2 et a_3 se manifestent aux environs de 730° et de 950° par un changement dans la direction de la courbe. Le dernier de ces points n'avait pas été aperçu dans l'étude précédente du fer électrolytique, les courbes de la force thermo-électrique par rapport au cuivre ne dépassant pas 950° et celles par rapport au platine ayant une sensibilité trop petite.

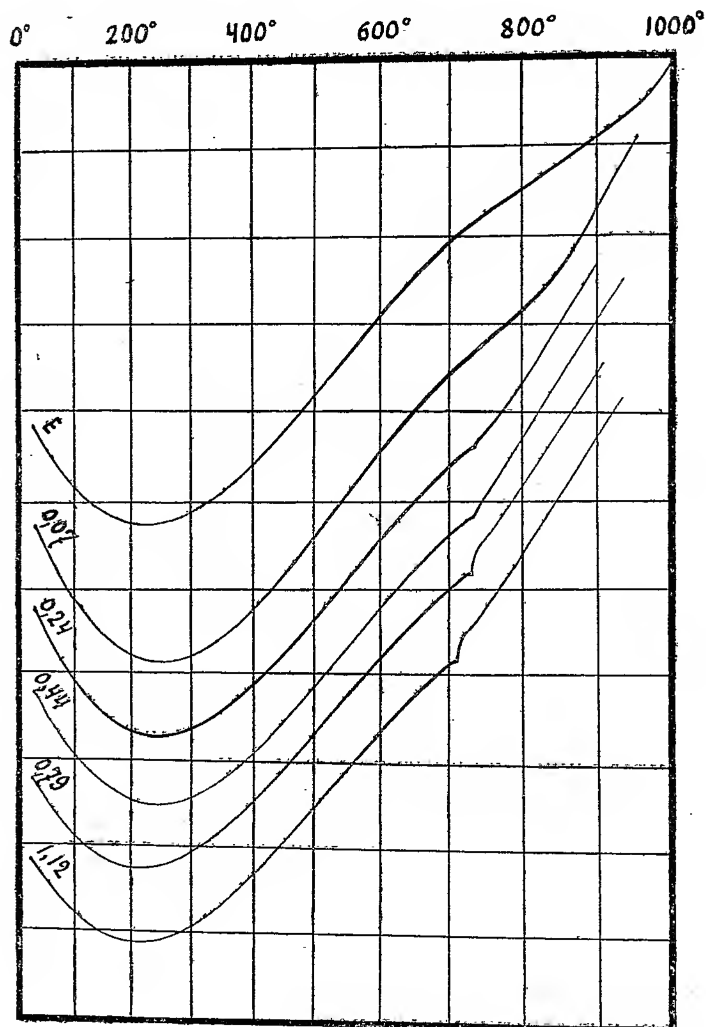
Dans l'acier extra-doux (0,07 pour 100 de carbone), le premier point critique, observé déjà par M. H. Le Chatelier (1886), conserve sa position

(1) Présentée dans la séance du 23 juin 1913.

(2) *Comptes rendus,* t. 156, 1913, p. 699.

(3) Ces analyses, effectuées aux usines de Dion, ont été mises à ma disposition par M. Portevin.

aux environs de 730°, alors que le deuxième point descend vers 850°. Dans l'acier à 0,24 pour 100 de carbone, nous voyons apparaître la recalescence (a_1) sur l'emplacement du premier point critique (a_2), ce qui diffère



quelque peu des résultats obtenus par la méthode thermique. Le point a_3 apparaît faiblement au-dessous de 800°.

Dans les aciers plus riches en carbone (0,44, 0,79 et 1,12 pour 100 de carbone), les points critiques a_2 et a_3 sont confondus avec le point de recalescence, qui se manifeste très nettement par une discontinuité d'environ 140 microvolts sur la courbe de la force thermo-électrique. Cette disconti-

nuité est probablement la cause des courants électriques parasites observés par M. H. Le Chatelier (1904) et par M. Boudouard (1904) aux points critiques des aciers.

Le pouvoir thermo-électrique des aciers au carbone peut être représenté assez exactement entre 0° et 700° par une fonction parabolique.

Pour 100 de carbone.	Pouvoir thermo-électrique.
Fer électrolytique	$13,7 - 0,0780t + 0,000066t^2$
0,07	$18,1 - 0,0986t + 0,000090t^2$
0,24	$16,6 - 0,0906t + 0,000081t^2$
0,44	$14,8 - 0,0812t + 0,000072t^2$
0,79	$13,4 - 0,0798t + 0,000069t^2$
1,12	$12,2 - 0,0720t + 0,000063t^2$

La position du point neutre varie relativement peu avec la teneur en carbone et nous pouvons, en première approximation, représenter le pouvoir thermo-électrique du fer et des aciers au carbone par la formule

$$\frac{dE}{dt} = P_0(1 - 0,0057\,t + 0,000005\,t^2),$$

où P_0 est le pouvoir thermo-électrique à 0°.

Au-dessus du point a_2 la teneur en carbone influe peu sur le pouvoir thermo-électrique des aciers et nous pouvons le représenter par des formules communes,

$$\text{entre } a_2 \text{ et } a_3 \quad \frac{dE}{dt} = -5,9 - 0,0038\,(t - t_2) \text{ microvolts},$$

$$\text{entre } a_3 \text{ et } 1000^\circ \quad \frac{dE}{dt} = -10,5 - 0,028\,(t - t_3) \text{ microvolts},$$

où t_2 et t_3 sont les températures respectives des points critiques a_2 et a_3.

Nous voyons donc que la force thermo-électrique peut donner des indications sur les points critiques des aciers avec autant ou même plus de précision que les autres méthodes employées jusqu'à présent dans ce but.

CHIMIE MINÉRALE. — *De l'action du gaz CO^2 sur les sulfures minéraux.* Note de M. N.-D. Costeanu, présentée par M. H. Le Chatelier.

On sait que le gaz CO^2 chauffé, à l'abri de l'air, à des températures élevées, se dissocie en oxyde de carbone et oxygène; en sorte que si, à cette température, un sulfure métallique se trouvait en présence du gaz carbonique, il pourrait subir une certaine transformation.

Il importe donc de savoir si le gaz CO^2 réagit sur les sulfures à des températures inférieures à celle de sa dissociation, et de connaître ce qui produit cette réaction.

Pour effectuer mes recherches, je me suis servi d'un four électrique à résistance, construit selon les indications données par M. Guntz [1] avec quelques modifications, et gradué à l'aide d'une pince thermo-électrique.

Une certaine quantité de substance pesée dans une nacelle était introduite dans le four, qui communiquait par une de ses extrémités avec une trompe à mercure, par l'intermédiaire d'un tuyau de plomb mastiqué au golaz et qui, à l'autre extrémité, était mis en communication avec la source de gaz CO^2, consistant dans un tube de verre qui contenait du carbonate de manganèse pur. Une fois le vide fait dans l'appareil, on réalisait un dégagement de gaz CO^2 en chauffant le carbonate de manganèse. On refaisait encore une fois le vide et on laissait échapper une nouvelle quantité de gaz CO^2, qui était mesurée dans un appareil facile à manier, avant de l'introduire dans le four. On notait le niveau du mercure d'un manomètre mis en communication avec l'appareil (la variation du niveau du mercure, à la fin de l'opération, indiquant l'existence possible d'une réaction du gaz CO^2 sur le sulfure), et l'on chauffait ensuite le four à une température déterminée.

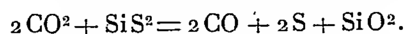
A la fin de l'opération, les gaz étaient pompés par la trompe et conduits dans un tube refroidi dans de la neige carbonique et de l'acétone, pour les gaz capables de se liquéfier, et ensuite analysés.

Avec les sulfures d'argent, de cuivre, de cadmium, de bismuth et d'antimoine, je n'ai obtenu que des résultats entièrement négatifs, le gaz CO^2 n'ayant aucune autre action que celle de remplacer le vide. A ce point de vue, on pourrait utiliser une atmosphère de gaz carbonique pour transformer certains sulfures amorphes en sulfures cristallisés, par voie de fusion.

Le gaz CO^2 se comporte tout à fait autrement, en ce qui concerne le sulfure de silicium. Ce sulfure a été préparé par l'action du gaz hydrogène sulfuré sur du silicium cristallisé, suivant les indications données par M. P. Sabatier [2]. Ce sulfure, ainsi préparé, a fourni à l'analyse des chiffres sensiblement théoriques.

Le sulfure de silicium, chauffé dans une atmosphère de gaz carbonique, se transforme en silice, avec formation de gaz oxyde de carbone et dépôt de soufre.

La quantité de gaz CO qui a pris naissance et la quantité de soufre déposée prouvent que la réaction a lieu d'après l'équation



$$2CO^2 + SiS^2 = 2CO + 2S + SiO^2.$$

(1) Guntz, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XXVII, 1902, p. 153.

(2) P. Sabatier, *Comptes rendus*, t. 90, 1880, p. 819, et *Thèse*.

Ainsi, en opérant à la température de 1100°, j'ai trouvé à la fin de l'expérience : 121$^{cm^3}$,2 de gaz CO et 0^g,170 de soufre, dosé à l'état de sulfate de baryte. Cette quantité de soufre est sensiblement approchée de la quantité théorique, qui est 0^g,174 selon l'équation ci-dessus.

Le gaz CO^2 a une action très lente, et il semble qu'elle soit contrariée par une faible couche de silice qui se forme à la surface du sulfure et qui empêche la transformation du reste; car, si l'on prolonge le temps de chauffage, elle augmente.

Ayant opéré à des températures moins élevées, j'ai pu constater que la réaction a lieu même à 450°.

Dans aucune expérience, je n'ai trouvé la moindre trace de gaz sulfureux, ce qui prouve que le gaz CO^2 ne réagit pas sur le soufre à une température élevée. Ce résultat concorde, d'ailleurs, avec le fait que le gaz CO réagit sur le gaz sulfureux, en donnant du gaz CO^2 et un dépôt de soufre, comme l'a montré Berthelot (1).

Je me propose d'examiner ce que donnerait la même réaction du gaz carbonique avec le sulfure de bore, puis d'étendre mes recherches aux sulfures solubles dans l'eau.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la composition des mélanges gazeux résultant de l'action de l'eau sur les carbures d'uranium et de thorium.* Note de MM. **P. Lebeau** et **A. Damiens**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans son étude des carbures métalliques, Henri Moissan a montré que certains de ces composés donnaient sous l'action de l'eau des mélanges très complexes d'hydrocarbures. Les carbures des métaux du groupe cérique et du groupe yttrique, ainsi que ceux d'uranium et de thorium, fournissent en effet, outre des carbures d'hydrogène liquides et solides, des produits gazeux dans lesquels ce savant a reconnu et dosé : l'hydrogène, le méthane, l'éthylène et l'acétylène. Dans les gaz provenant du carbure de thorium, il a, de plus, signalé la présence, à côté de l'éthylène, d'homologues supérieurs immédiatement absorbables par l'acide sulfurique concentré.

(1) Berthelot, *Comptes rendus*, t. 96, 1883, p. 218; *Bull. Soc. chim.*, t. XL, 1883, p. 362.

Nous avons pensé qu'il était intéressant de faire de nouvelles analyses de ces mélanges gazeux, en appliquant la méthode que nous avons décrite antérieurement ([1]), afin de rechercher si, en dehors des carbures déjà trouvés, il existait d'autres termes appartenant aux mêmes séries. La présence de ces carbures supérieurs constituant une cause d'erreur importante dans les procédés d'analyse utilisés jusqu'ici, nos expériences devenaient indispensables pour établir la composition réelle de ces gaz complexes.

Pour recueillir les gaz résultant de l'action de l'eau, nous plaçons un poids connu du carbure dans un tube à essais d'un diamètre de 3^{cm} dont le bouchon en verre rodé porte une tubulure centrale surmontée d'un entonnoir à robinet et une tubulure latérale le mettant en communication avec un condenseur refroidi à -23° par du chlorure de méthyle. Ce condenseur, destiné à arrêter la vapeur d'eau et les carbures lourds, est relié lui-même à une trompe à mercure.

Le carbure d'uranium était préalablement pulvérisé sous le xylène, puis lavé à l'éther anhydre. L'éther était ensuite éliminé par un courant d'hydrogène sec. Le carbure de thorium pouvait être employé sous forme de petits fragments.

La décomposition du carbure d'uranium par l'eau est assez lente; sa durée varie selon que l'échantillon renferme plus ou moins de graphite, ce qui correspond à une division plus ou moins grande de la masse; elle se produit dans un délai qui peut aller de 5 à 25 jours et même plus. L'oxyde hydraté qui résulte de cette action de l'eau possède une couleur verte qu'il conserve après dessiccation dans le vide. Il fixe à froid l'oxygène avec dégagement de chaleur en se transformant en une poudre de couleur foncée. La quantité d'oxygène absorbée correspond à celle qui résulterait de la transformation d'un hydrate uraneux en hydrate d'oxyde U^3O^8. En présence d'un excès d'eau, l'oxydation se fait plus lentement et le terme final est l'hydrate uranique. L'hydrate uraneux se dissout dans les acides en donnant des solutions vertes.

Pour le carbure de thorium, l'action de l'eau est terminée après 3 ou 4 jours. L'hydrate d'oxyde, après dessiccation, ne fixe pas l'oxygène. Malgré les lavages à l'alcool et à l'éther, il possède une légère teinte jaune sale due à des produits carbonés qu'il retient énergiquement. Sa composition est celle de l'hydrate $ThO^2, 2H^2O$.

Les résultats des analyses des produits gazeux sont consignés dans le Tableau ci-après :

([1]) P. Lebeau et A. Damiens, *Comptes rendus*, t. 156, p. 144, 325 et 557.

	Carbure d'uranium.			Carbure de thorium.	
Numéro de l'échantillon	1	1	2	3	3
Durée de la réaction	6 jours ½	15 jours	23 jours	3 jours	3 jours ½
Volume gazeux par gramme de carbure	35^{cm^3},65	34^{cm^3},97	32^{cm^3},09	55^{cm^3},30	56^{cm^3},20
Hydrogène	49,70	49,53	28,91	59,77	59,46
Méthane	14,15	11,81	19,79	3,09	3,16
Éthane	23,43	24,89	22,68	10,66	10,72
Propane	2,97	2,51	5,55	1,66	1,36
Butane	0,90	0,62	4,73	0,83	0,86
Éthylène	2,18	2,34	1,36	2,71	2,85
Propylène et homologues	5,34	5,79	14,43	6,72	6,37
Carbures acétyléniques	1,33	2,51	2,55	15,16	15,22

L'échantillon n° 1 du carbure d'uranium contenait 1,47 pour 100 de graphite; l'échantillon n° 2, exempt de graphite, titrait 91,6 pour 100 d'uranium, la teneur en uranium du carbure pur étant 90,85.

Le carbure de thorium présentait la composition suivante : thorium 88,11 pour 100; carbone combiné 9,21 pour 100; graphite 3,09 pour 100, total 100,41. Le rapport du thorium au carbone combiné correspond bien à la formule C^2Th.

De l'examen des résultats de nos analyses on peut tirer les conclusions suivantes :

Pour un même échantillon, l'action de l'eau a fourni dans deux essais différents des quantités comparables de mélanges gazeux de composition très voisines.

Les résultats sont au contraire différents pour un carbure d'uranium graphitique et un carbure d'uranium non graphitique. Il est à remarquer que, pour ce dernier, la réaction s'effectuant beaucoup plus lentement, il paraît en résulter une hydrogénation plus complète des hydrocarbures. Ce fait est établi par la diminution de l'hydrogène libre et par l'augmentation notable de la proportion de la plupart des carbures d'hydrogène et plus particulièrement celle du méthane, du propane, du butane et du propylène.

Enfin, ainsi que nous le supposions, l'application de notre méthode analytique nous a conduits à des résultats présentant une grande divergence avec ceux qui avaient été donnés antérieurement.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur la préparation de l'oxycyanure de carbone.* Note de MM. **Daniel Berthelot** et **Henry Gaudechon**, présentée par M. E. Jungfleisch.

Quand on irradie, au moyen des rayons ultraviolets, un mélange d'oxyde de carbone et de cyanogène, ces deux gaz s'unissent pour former un composé nouveau, l'oxycyanure de carbone, CN.CO.CN (*Comptes rendus*, 9 juin 1913). Cette réaction est analogue à celles par lesquelles on obtient l'oxychlorure de carbone Cl.CO.Cl en partant du mélange de CO et Cl^2; la formaldéhyde H.CO.H, en partant de CO et H^2; la formiamide $H.CO.NH^2$, en partant de CO et NH^3. Dans tous ces cas l'oxyde de carbone et le gaz qui lui est mélangé se combinent à volumes égaux, dans le rayonnement ultraviolet, pour former le produit d'addition.

Nous avons cherché à préparer l'oxycyanure de carbone par d'autres voies; nous y sommes arrivés par l'effluve électrique. Les réactions de l'effluve, qui est riche en rayons ultraviolets, sont souvent analogues à celles de la lampe à mercure; cependant, elles ne se confondent pas avec elles : ainsi l'effluve combine l'azote avec l'oxygène, l'hydrogène, le sulfure de carbone, la benzine et de nombreuses matières organiques (M. Berthelot, *Mécanique chimique*, t. II, p. 362), tandis que les rayons ultraviolets nous ont donné des résultats négatifs dans tous ces cas; l'effluve condense, avec élimination d'oxygène, l'oxyde de carbone sur lequel le rayonnement de la lampe à mercure est sans action, etc.

Nous avons employé l'appareil à tubes concentriques sur cuve à mercure de M. Berthelot (*Traité pratique de l'analyse des gaz*, p. 129-130); l'effluve était produit par un courant alternatif à 50 périodes et un transformateur statique donnant à volonté 3000, 6000, 9000, ou 12000 volts.

En principe il vaut mieux, dans ces expériences, employer la tension la plus faible, car avec les tensions les plus fortes on voit parfois jaillir, entre les dépôts solides qui se forment sur les parois internes des tubes, de petites étincelles, formant pluie de feu, qui, en raison de leur haute température, produisent des effets autres que l'effluve.

La tension de 3000 volts s'est montrée insuffisante, car, au bout de 45 minutes, la contraction des gaz était encore faible; en revanche, la tension de 6000 volts convient bien et combine les gaz CO et C^2N^2 beaucoup plus rapidement que l'irradiation de la lampe à mercure, comme cela résulte des expériences suivantes.

Un mélange de $3^{cm^3},60$ CO et $7^{cm^3},60$ C^2N^2 étant effluvé durant 13 minutes, il disparaît $0^{cm^3},90$ CO et $0^{cm^3},90$ C^2N^2, et il se forme un dépôt jaune d'oxycyanure solide. L'action est encore plus rapide quand le rapport initial des gaz se rapproche de l'égalité; un mélange de $5^{cm^3},00$ CO et $5^{cm^3},80$ C^2N^2, effluvé durant 10 minutes, se contracte de $3^{cm^3},80$ par disparition de volumes égaux de CO et C^2N^2.

D'autres expériences avec des mélanges contenant CO en excès ont montré de même une disparition de volumes sensiblement égaux de CO et C^2N^2 (parfois il disparaît un léger excès de CO suivant une remarque déjà faite pour les rayons ultraviolets), mais il faut éviter de poursuivre l'expérience jusqu'à ce que le mélange soit trop appauvri en l'un des constituants. Ainsi lorsqu'on prolonge l'effluvage jusqu'à disparition totale de l'oxyde de carbone, le cyanogène est attaqué à son tour et se condense avec dégagement d'azote libre. Le dépôt obtenu sur les parois est brun marron et notablement plus foncé que l'oxycyanure qui est jaune fauve. Le dépôt est partiellement soluble dans l'eau et totalement soluble dans les alcalis, ce qui exclut la présence du charbon qui est insoluble dans les alcalis. La mise en liberté d'azote ne s'explique donc pas par une simple décomposition en C^2 et N^2, mais implique la formation de produits condensés C^mH^n (avec $m > n$).

L'oxycyanure de carbone tel qu'il résulte de l'action des rayons ultraviolets est, comme nous l'avons indiqué, à l'état de polymérisation; l'oxycyanure obtenu par l'effluve est à un stade de condensation encore plus avancé. Cela résulte notamment de la lenteur extrême de son hydrolyse selon le schéma



$$CN.CO.CN + HOH = CO^2 + 2HCN.$$

15^{mg} d'oxycyanure préparé par l'effluve, hydrolysés par SO^4H^2 dilué suivant la méthode décrite dans notre Note précédente, ont fourni, au bout de 4 heures (1 heure à 60°; 2 heures à 80°; 1 heure vers 100°), $1^{mg},2$ HCN et $1^{mg},0$ CO^2. Ces quantités correspondent à peu près à 2^{vol} HCN pour 1^{vol} CO^2, mais représentent à peine $\frac{1}{7}$ du produit, tandis qu'en 2 heures à 60°, on avait hydrolysé la totalité du produit fourni par les rayons ultraviolets.

Nous avons fait remarquer précédemment que l'oxycyanure prend naissance dans l'irradiation ultraviolette du mélange de CO et C^2N^2 à l'état de corps gazeux au-dessous de 100° (et vraisemblablement liquide à la température ordinaire), mais se polymérise presque aussitôt. Nous avons cherché si l'on pourrait l'obtenir par des procédés purement chimiques à un état non polymérisé.

A cet effet, nous avons essayé les doubles décompositions entre l'oxychlorure de carbone et les cyanures métalliques. Du cyanure d'argent ou du cyanure de mercure ont été placés, en longs tubes scellés, en présence de

gaz phosgène; une des extrémités des tubes était portée à des températures de 96°-97°; puis 140°-145°; puis 165°-170° pendant plusieurs heures; l'autre extrémité était refroidie. Il n'y a eu aucune condensation.

On a fait passer ensuite durant 7 heures un courant de gaz phosgène sur du cyanure d'argent chauffé vers 170° à l'abri de la lumière; le courant gazeux traversait ensuite un premier vase à condensation à température ordinaire, puis un second vase plongé dans un tube Dewar refroidi à — 23°. Le résultat a été négatif.

Nous avons cherché enfin si l'oxycyanure se formerait par l'action de la chaleur; des mélanges de CO et C^2N^2 ont été chauffés en cloches courbes sur cuve à mercure (cloche de verre chauffée durant 1 heure vers 500°, cloche de quartz chauffée durant 4 heures vers 900°). Il ne s'est produit aucune variation de volume; et l'analyse du mélange a redonné exactement les gaz initials. L'oxycyanure ne prend donc pas naissance dans l'action de la chaleur sur le mélange d'oxyde de carbone et de cyanogène, mais uniquement dans celle de la lumière qui manifeste ici une spécificité bien nette.

CHIMIE TINCTORIALE. — *Sur les matières colorantes azoïques de la phénylisoxazolone.* Note de M. **André Meyer**, présentée par M. E. Jungfleisch.

Les dérivés azoïques de la phénylisoxazolone que j'ai fait connaître précédemment (¹), ne contenant aucun groupe salifiable, sont par suite inaptes à la teinture. Une étude de ces composés au point de vue de leurs affinités pour les fibres textiles devait présenter quelque intérêt. Les dérivés azoïques des pyrazolones, dont la constitution se rapproche de celle des azoïques de l'isoxazolone, sont en effet utilisés dans la technique, à cause de leurs remarquables qualités de solidité à la lumière : la *tartrazine* en est le représentant le plus anciennement connu.

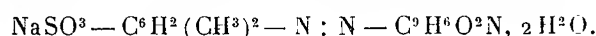
J'ai préparé quelques matières colorantes azoïques de la phénylisoxazolone afin de comparer leurs propriétés tinctoriales avec celles des colorants du pyrazol. Ce sont les suivantes :

I. Colorants acides. — *Benzène-p-sulfonate de sodium-azophénylisoxazolone*, $NaSO^3-C^6H^4-N:N-C^9H^6O^2N, 2H^2O$. — Obtenu à l'aide de

(¹) André Meyer, *Comptes rendus*, t. 152, p. 610.

l'acide diazosulfanilique, ce sel de sodium constitue de belles paillettes brillantes, jaune d'or. En bain acétique, ce colorant teint la soie en belles nuances jaune d'or. Avec la laine, avec addition de bisulfate alcalin, il fournit des teintures d'un ton très uni.

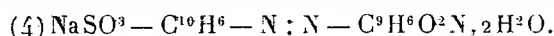
— *m-xylène-o-sulfonate de sodium-azophénylisoxazolone*,



$$NaSO^3 - C^6H^2(CH^3)^2 - N : N - C^9H^6O^2N,\ 2H^2O.$$

Séché à l'air, ce composé est formé par une poudre cristalline orangée, assez soluble dans l'eau. En bain acide, il teint la laine et la soie en belles nuances jaune orangé foncé.

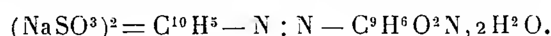
— *α-naphtalène-α-sulfonate de sodium-azophénylisoxazolone*,



$$(4)\ NaSO^3 - C^{10}H^6 - N : N - C^9H^6O^2N,\ 2H^2O.$$

Il dérive de l'acide naphtionique. Il se présente en petits cristaux ou en paillettes brillantes, brun orangé foncé, et teint la laine et la soie en rouge marron.

— *β-naphtalène-disulfonate de sodium-(2.6.8)-azophénylisoxazolone*,

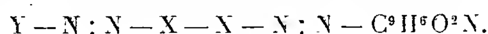


$$(NaSO^3)^2 = C^{10}H^5 - N : N - C^9H^6O^2N,\ 2H^2O.$$

Préparé avec l'acide amido G, il constitue de fins cristaux orangés teignant la soie et la laine en belles nuances jaune orangé.

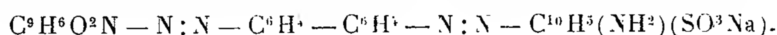
II. Colorants substantifs. — A l'aide de la benzidine et de ses dérivés, j'ai obtenu quelques colorants substantifs de la phénylisoxazolone. Le dérivé tétrazoïque de la base est combiné, en milieu alcalin ou acétique, avec 1^{mol} de phénylisoxazolone; au bout de quelques heures, on ajoute, au produit rouge intermédiaire résultant, 1^{mol} d'une amine ou d'un phénol sulfonique, dans les conditions convenables pour la condensation. Il se produit un virage de la couleur et, après un chauffage modéré, on précipite le colorant par addition de sel.

La formule générale de ces composés est la suivante, X désignant un noyau benzénique et Y un reste d'amine ou de phénol :



$$Y - N : N - X - X - N : N - C^9H^6O^2N.$$

— *Diphényle-disazo-phénylisoxazolone-naphtionate de sodium*



$$C^9H^6O^2N - N : N - C^6H^4 - C^6H^4 - N : N - C^{10}H^5(NH^2)(SO^3Na).$$

Ce colorant rouge foncé vire au bleu sous l'influence des acides, comme le rouge Congo. Il teint directement le coton en rouge écarlate.

— *Ditolyle-disazo-phénylisoxazolone-aminonaphtoldisulfonate de sodium* (1.8.3.6)


$$C^9H^6O^2N-N:N-C^6H^3(CH^3)-C^6H^3(CH^3)-N:N-(\beta)C^{10}H^3(NH^2)(OH)(SO^3Na)^2.$$

Il dérive de l'ortho-tolidine et de l'acide H (combiné en milieu acide). C'est une poudre violet rougeâtre, virant au bleu violet sous l'action de SO^4H^2. Ses teintures sont d'un beau violet foncé.

— *Diméthoxydiphényle-disazo-phénylisoxazolone-aminonaphtoldisulfonate de sodium* (8.1.3.5)


$$C^9H^6O^2N-N:N-C^6H^3(OCH^3)-C^6H^3(OCH^3)-N:N-C^{10}H^3(NH^2)(OH)(SO^3Na)^2.$$

On l'obtient à partir de la dianisidine tétrazotée et combinée avec la phénylisoxazolone et l'acide K (en milieu acide). Il teint en violet les fibres textiles.

— *Diphényle-disazo-phénylisoxazolone-salicylate de sodium.* — Constitué par une poudre brun foncé peu soluble, il teint le coton en orangé clair.

III. Action de la lumière sur les colorants isoxazoloniques. — Ces colorants possèdent des nuances peu différentes de celles des dérivés correspondants du pyrazol. Ils s'en distinguent nettement par une bien moindre résistance à l'action de la lumière.

J'ai effectué des essais comparatifs avec des colorants du pyrazol de constitution bien connue (*tartrazine*, *flavazine* L, *jaunes xylènes lumières*, *jaune dianile* R, *jaune normal* 3GL, *jaune solide de Guinée* R, *orangés pyrazol* [1]).

Des tissus teints dans des conditions identiques, avec les colorants des deux séries, ont été exposés à la lumière, sous verre. Au bout d'un mois, les colorants du pyrazol n'avaient subi qu'une modification à peine sensible, ceux de l'isoxazolone étaient notablement dégradés. Les teintures directes sur coton montraient déjà une importante altération au bout de 15 jours. Les colorants acides sur soie résistent mieux, mais leur solidité est bien inférieure à celle des mêmes dérivés sur laine.

(1) G. Schultz, *Farbstofftabellen*, 5e éd., 1911, p. 12-16. — G. Cohn, *Die Pyrazolfarbstoffe*, Stuttgart, 1910.

Les mêmes échantillons ont été soumis à l'action des radiations ultraviolettes produites par une lampe à mercure Westinghouse-Cooper Hewitt, placée à environ 30^{cm} de distance. Une partie du tissu, protégée par un écran, servait de témoin; une autre partie, recouverte d'une lame de verre, recevait uniquement l'ultraviolet moyen; la partie médiane seule était exposée à l'irradiation totale.

Les colorants acides isoxazoloniques sur laine ont manifesté la résistance la meilleure : au bout de 20 jours, l'attaque était à peine perceptible. Avec la soie, l'action décolorante devient visible dès le troisième jour (exposition directe) et vers le douzième pour la portion placée sous verre. Les couleurs directes se décolorent dès le second jour. Les colorants pyrazoloniques ne sont pas altérés, même en prolongeant l'expérience pendant un mois.

Il y a ainsi une grande différence d'action entre l'ultraviolet total et l'ultraviolet moyen. L'influence des rayons ultraviolets moyens n'est cependant pas comparable à celle de la lumière naturelle.

Le remplacement, dans ces azoïques, du groupe iminé par l'oxygène, dans le noyau hétérocyclique, provoque ainsi une diminution de la résistance aux influences photochimiques. Ce résultat est en accord avec la stabilité respective des deux noyaux vis-à-vis des agents chimiques.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur la composition du gaz d'eau.* Note de M. **Léo Vignon**, présentée par M. A. Carnot.

La vapeur d'eau agissant au rouge sur le carbone donne un gaz combustible (Fontana, 1780). Cette réaction a été l'objet de plusieurs Communications à l'Académie des Sciences (*Comptes rendus*, t. VI, 1838, p. 178, 180, 207) et de publications dans les *Annales de Chimie et de Physique* (t. XXXVIII, 1853, p. 356; t. II, 1857, p. 322; 3e série, t. V, p. 239).

Le gaz d'eau se forme essentiellement par la réaction



$$C + H^2O = CO + H^2.$$

Il est composé d'oxyde de carbone et d'hydrogène à volumes à peu près égaux; accessoirement il contient de l'anhydride carbonique.

J'ai constaté que le gaz d'eau renfermait *toujours*, en outre, une petite proportion de méthane (fait déjà mentionné par Clément et Désormes et par Langlois). D'autre part, M. Armand Gautier (*Comptes rendus*, 1910, p. 1383 et 1564) a montré que l'hydrogène réagissait sur l'oxyde de carbone, de 400° à 1200°, pour former de très petites quantités de méthane.

Les expériences que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie ont pour but de préciser l'origine du méthane dans le gaz d'eau et d'étudier les conditions de sa formation.

Expériences. — J'ai préparé d'abord du gaz d'eau en faisant agir de la vapeur d'eau sur deux échantillons de coke de gaz A et B, et sur un échantillon de charbon de sucre C; j'ai déterminé les cendres de ces trois échantillons et j'ai dosé la chaux contenue dans ces cendres.

	Cendres.	Chaux (soluble dans les acides).
Coke de gaz A........	10,60 pour 100 de coke	7,33 pour 100 des cendres
Id. B........	8,70 »	8,47 »
Charbon de sucre C...	1,22 »	0,80 »

Avec les cokes A et B j'ai obtenu des gaz d'eau contenant en moyenne (CO et CO^2 déduits) :

	Pour 100.
Hydrogène......................	96,55
Méthane........................	3,45

Dans les mêmes conditions le charbon de sucre a donné :

	Pour 100.
Hydrogène, plus de..............	98
Méthane, moins de..............	2

M. Armand Gautier avait obtenu, par réaction de l'hydrogène sur l'oxyde de carbone (CO et CO^2 déduits) (*Comptes rendus*, 1910, p. 1564) :

	A 400°.	A 1300°.
Hydrogène......................	99,80	98,65
Méthane........................	0,20	1,35

En préparant du gaz d'eau avec du carbone très pauvre en chaux, j'ai obtenu, en somme, un gaz d'eau contenant moins de méthane que celui qui est formé avec le coke de gaz; les proportions de méthane de ce gaz se rapprochent de celles qui ont été trouvées par Armand Gautier. J'ai été conduit, par suite, à examiner l'influence de la chaux sur la composition du gaz d'eau.

Gaz d'eau formé en présence de chaux. — Les résultats qui précèdent doivent être reliés à ceux que j'ai obtenus en étudiant la décomposition de la vapeur d'eau par le carbone en présence de la chaux (*Comptes rendus*, 27 mars 1911). Dans ces conditions, on obtient d'importantes proportions de méthane qui se forme aux dépens de l'oxyde de carbone.

Ces expériences avaient été faites à des températures comprises entre 600° et 800°, au-dessous du point de décomposition du carbonate de calcium; à ces températures le gaz d'eau se forme, mais plus lentement qu'aux températures plus élevées; il contient, en outre, beaucoup de CO^2.

Dans les expériences que je communique aujourd'hui, j'ai opéré au-

dessus du point de décomposition du carbonate de calcium, c'est-à-dire à la température normale de formation du gaz d'eau.

Première série : Coke avec 10 *pour* 100 CaO. — La vapeur d'eau passant, en léger excès, sur un mélange de 100g coke et 10g CaO, vers 1000°, a donné un mélange gazeux renfermant en moyenne (CO et CO^2 déduits) :

	Pour 100.
Hydrogène	88
Méthane	12

Deuxième série : Coke avec 15 *pour* 100 CaO (100g coke, 15g CaO vers 1000°). — Les gaz obtenus renferment en moyenne (CO et CO^2 déduits) :

	Pour 100.
Hydrogène	81
Méthane	19

Troisième série : Coke avec 50 *pour* 100 CaO (100g coke, 50g CaO). — Composition moyenne des gaz obtenus (CO et CO^2 déduits) :

	Pour 100.
Hydrogène	77
Méthane	23

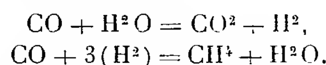
Pour éclaircir le mécanisme de la formation du méthane, j'ai fait agir sur CaO, vers 1000°, les éléments composants du gaz d'eau en présence de vapeur d'eau.

Réactions de CO, CO^2, H^2, CH^4, *humides, purs ou mélangés, sur* CaO *vers* 1000° :

1° *L'oxyde de carbone* pur, humide, après réaction sur CaO, a donné (CO^2 déduit) :

	Pour 100.
Oxyde de carbone	10,3
Méthane	11,1
Hydrogène	78,6

Il s'est donc produit au contact de CaO :



$$CO + H^2O = CO^2 + H^2,$$
$$CO + 3(H^2) = CH^4 + H^2O.$$

2° *Gaz d'eau* (CO + H^2) passant humide sur CaO à 1000° :

	Pour 100.
Oxyde de carbone	10,4
Méthane	10,3
Hydrogène	79,3

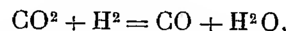
3° *Un mélange de* CO, CO^2, CH^4, H^2 humides :

	Avant passage.	Après passage sur CaO.
Acide carbonique	4,5	absorbé avant analyse
Oxyde de carbone	8,1	5,8
Méthane	10,1	12,6
Hydrogène	77,3	79,6

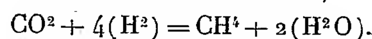
4° *Un mélange de* CO^2 et H^2 humides :

	Avant passage.	Après passage sur CaO.
Acide carbonique........	26	absorbé avant analyse
Oxyde de carbone........	0	10,1
Méthane................	0	12,2
Hydrogène..............	74	77,7

On déduit de là l'existence des réactions

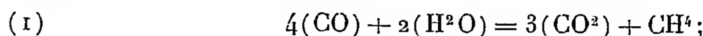


$$CO^2 + H^2 = CO + H^2O,$$

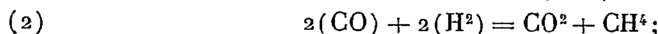


$$CO^2 + 4(H^2) = CH^4 + 2(H^2O).$$

Conclusions. — L'origine du méthane dans le gaz d'eau provient des réactions



$$(1) \quad 4(CO) + 2(H^2O) = 3(CO^2) + CH^4;$$



$$(2) \quad 2(CO) + 2(H^2) = CO^2 + CH^4;$$



$$(3) \quad CO^2 + 4(H^2) = CH^4 + 2(H^2O).$$

La réaction (2) s'effectue directement, en très petites proportions, ainsi que l'a montré M. Armand Gautier.

Dans la préparation du gaz d'eau obtenu avec le coke, la chaux du coke intervient et la quantité de méthane produite augmente dans de grandes proportions.

Au-dessous de 800°, la formation de CO^3Ca est certainement un facteur important de la production de CH^4. Au-dessus de la température de décomposition de CO^3Ca, c'est-à-dire au-dessus de 900°, CaO agit comme catalyseur, en favorisant les réactions (1), (2) et (3).

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'existence des bromites.* Note de M. **J. Clarens**, transmise par M. Paul Sabatier.

D'une solution d'*hypobromite* récemment préparée par dissolution lente de vapeurs de brome dans une solution de potasse ou de soude, on fait deux parts : l'une est traitée par un excès de *sel ammoniacal*, l'autre est préalablement portée aux environs de 80° pendant quelques minutes, puis traitée à son tour par un excès de sel ammoniacal.

Les deux solutions ainsi obtenues ne se comportent pas de la même façon vis-à-vis de l'*acide arsénieux* en solution alcaline et à froid : tandis que la première est sensiblement sans action sur ce réactif, on constate que la seconde a conservé vis-à-vis de l'acide arsénieux, dans les conditions pré-

cisées plus haut, un pouvoir oxydant qui peut atteindre le $\frac{1}{10}$ du pouvoir oxydant de la solution initiale d'hypobromite.

Il subsiste donc dans la deuxième liqueur un composé qui n'est pas l'hypobromite, puisqu'il ne réagit pas sur le sel ammoniacal, qui n'est pas non plus du bromate puisqu'il réagit à froid sur l'acide arsénieux en milieu alcalin, et qui provient évidemment de la transformation de l'hypobromite sous l'influence de l'élévation de température qu'on lui a fait subir : très vraisemblablement ce composé est un *bromite*.

Pour la détermination de sa formule, j'ai suivi le mode opératoire suivant :

Je pars, naturellement, d'un hypobromite renfermant une quantité notable du corps en question; je prélève un échantillon de 30^{cm^3} ou 40^{cm^3} que je traite par un léger excès d'un sel ammoniacal ou d'urée. Je détruis ainsi l'hypobromite. Le liquide obtenu est additionné alors de nitrate d'argent jusqu'à apparition d'un précipité brun permanent, ce qui ne se produit que lorsque tout le bromure de la solution a été précipité à l'état de bromure d'argent jaune (*Journal of Am. Soc.*, t. XXXI, 1909, p. 5). Je filtre alors : la solution ne renferme plus que le bromate et le composé étudié, bromite probable.

De cette solution, je prélève trois échantillons de même volume.

Je détermine le pouvoir oxydant de l'un vis-à-vis de l'acide arsénieux en milieu alcalin et à froid : j'ai ainsi la quantité d'oxygène cédée par le bromite (?) qu'il renfermait.

Sur le second, je détermine le pouvoir oxydant de la somme *bromate* + *bromite* (?) en mesurant le pouvoir oxydant vis-à-vis de l'acide arsénieux, à chaud et en milieu fortement acide. La comparaison des deux résultats ci-dessus donne la part qui revient au bromate et celle qui revient au bromite (?) dans le pouvoir oxydant total.

Sur ce troisième échantillon évaporé au bain-marie, puis calciné pour transformer bromite (?) et bromate en bromure, je dose le brome par la méthode de Volhard. De la quantité d'oxygène cédée par le bromate je puis déduire la quantité de brome attribuable à ce bromate. Par différence j'ai la quantité de brome due au bromite (?).

J'ai vérifié par plusieurs déterminations toutes concordantes que cette quantité de brome est à la quantité d'oxygène cédée par le bromate, déterminée sur l'échantillon 1, comme 80 est à 32. La formule du composé étudié est donc bien BrO^2M : c'est bien un bromite.

La méthode de dosage à employer dans le cas de mélanges : *hypobromite-bromite-bromate*, résulte de tout ce qui précède :

Sur un premier échantillon on déterminera, à l'aide d'une solution titrée d'*arsénite de sodium*, la somme hypobromite + bromite.

Sur un deuxième échantillon préalablement traité par un excès de sel ammoniacal

ou d'urée, la mesure du pouvoir oxydant vis-à-vis de l'arsénite de sodium à froid donnera le terme bromite.

Enfin sur un troisième échantillon, on déterminera la somme hypobromite + bromite + bromate par la détermination du pouvoir oxydant vis-à-vis de l'acide arsénieux, à chaud, et en milieu fortement acide.

La comparaison des trois résultats ainsi obtenus donne facilement chacun des termes : hypobromite, bromite et bromate.

Dans l'application de cette méthode de dosage, quelques précautions sont, cependant, nécessaires pour arriver à des résultats absolument corrects. Dans une discussion dont les détails et les conclusions sont publiés ailleurs (*Thèse de doctorat*, Toulouse, 1913), j'ai étudié successivement les diverses causes possibles de perturbations. J'ai ainsi montré que, dans les conditions habituelles, on pouvait considérer comme négligeable l'action des bromites sur les sels ammoniacaux; j'ai donné un procédé très simple permettant d'évaluer la quantité d'hypobromite subsistant dans les mélanges après l'action du sel ammoniacal; j'ai déterminé dans quelles conditions de dilution des solutions ammoniacales employées, on devait se placer, pour que l'addition de ces solutions ne détermine pas une élévation de température suffisante pour amener la transformation d'une partie de l'hypobromite en bromite, faussant ainsi la composition du liquide à titrer.

La parfaite régularité des résultats obtenus par l'application de ce mode opératoire, ainsi réglementé, dans l'étude de l'évolution de nombreuses solutions d'hypobromites, m'a surabondamment démontré sa correction.

BOTANIQUE. — *Sur un hybride de greffe entre Pêcher et Amandier.* Note de MM. L. **Daniel** et J. **Delpon**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Il y a quelques années, en 1905, à Mas-Grenier (Tarn-et-Garonne), un Amandier vigoureux fut recépé à une petite distance du collet. Il fournit un certain nombre de pousses de remplacement qui furent écussonnées en août, à œil dormant, avec des bourgeons provenant d'un Pêcher à fruits jaunes, habituellement cultivé dans le pays et n'ayant jusqu'alors manifesté aucune variation. Au printemps suivant, tous les écussons se développèrent vigoureusement, et à l'automne, ils portaient déjà quelques bourgeons à fruits. L'année d'après, ceux-ci fleurirent à l'époque normale et donnèrent des pêches à chair jaune, absolument identiques à celles de la variété choisie comme greffon.

La troisième année de greffe, tous les écussons commencèrent à se modifier d'une façon singulière. Les fleurs, semblables à celles du Pêcher, fournirent des fruits plus ou moins intermédiaires entre ceux du Pêcher et de

l'Amandier. Leur chair était assez mince, molle, tendre et colorée comme celle de la pêche, mais de qualité très médiocre. Les noyaux étaient, à des degrés divers, intermédiaires comme taille, forme, nature des sculptures, entre les noyaux normaux du Pêcher et de l'Amandier.

Fait théoriquement intéressant, les pousses hybrides de greffe ne partaient pas du bourrelet même, comme cela se produit le plus souvent pour ces formations (*Cytisus Adami*, *Cratægomespilus Dardari*, *Pyrocydonia Danieli*). Le greffon n'en présentait qu'à des distances du bourrelet supérieures à 30^{cm}. Vers le milieu de la charpente, se trouvaient isolément des pousses pures de Pêcher et d'Amandier. On rencontrait aussi, çà et là, sur la charpente du greffon, des pousses fruitières de trois sortes : Amandier pur, Pêcher pur, et des pousses intermédiaires entre les deux espèces. Quelquefois un même rameau portait à la fois des feuilles de Pêcher et des feuilles d'Amandier. Le port des greffons différait à la fois de celui du Pêcher et de celui de l'Amandier; les tiges étaient plus érigées, plus régulières et formaient une tête presque hémisphérique. Les années suivantes, ces phénomènes se reproduisirent et la variation était fixée. Mais le propriétaire de cet arbre singulier, ne lui trouvant aucun intérêt pratique, l'a sacrifié.

Deux noyaux provenant du greffon ont germé et donné deux jeunes arbres, dont l'un est vigoureux et l'autre chétif. Aucun d'eux n'a encore fleuri. D'après leurs feuilles, on constate qu'ils offrent à la fois quelques ressemblances avec le Pêcher et l'Amandier. Les stipules du premier sont grandes et tombent tardivement comme dans le Pêcher, mais les dents de la feuille sont grandes et régulières comme dans l'Amandier. De nombreux nectaires foliaires sont disposés comme dans le Pêcher, et il en est de même de la nervation. La structure anatomique du pétiole et du limbe rappelle celle de l'Amandier. Les stipules du second sont caduques et petites comme dans l'Amandier, mais la disposition des nectaires et des dents de la feuille rappelle celle du Pêcher; la nervation est plus serrée comme dans l'Amandier. La structure anatomique du pétiole et du limbe est voisine de celle du Pêcher.

Les caractères de l'hybride de greffe ci-dessus décrit, avec ses feuilles, ses fruits et ses noyaux intermédiaires entre le sujet et le greffon, offrent beaucoup de rapports avec ceux de l'*Amygdalus communis persicoides* Ser. des horticulteurs qui est considéré comme un hybride sexuel, mais dont l'origine est inconnue en réalité. D'après les résultats signalés ici, on peut plus rationnellement supposer qu'il s'agit d'un hybride de greffe multiplié

sans état civil. Sa formation, à une assez grande distance du bourrelet, montre que l'hybridation par greffe peut s'effectuer sur le greffon à une distance variable des tissus de soudure et ce fait confirme, à ce point de vue, les phénomènes signalés, par l'un de nous, dans les Aubergines et Piments greffés sur Tomates et dans les Vignes greffées. Il rappelle aussi le cas des pousses d'Amandier pur signalées par des horticulteurs sur des Pêchers greffés sur Amandier, il y a quelques années; mais dans notre hybride de greffe, la réaction a été beaucoup plus complète, puisque non seulement coexistent sur le greffon des pousses pures du sujet et du greffon, mais encore des organes nettement intermédiaires à des degrés divers (feuilles, fruits et noyaux) entre les deux associés; en un mot, il réalise une mosaïque de caractères pœcilodynames quand ceux qu'on a signalés, jusqu'ici dans le Pêcher, représentent une mosaïque de caractères dichodynames.

BOTANIQUE. — *Le genre* Baseonema *à Madagascar*. Note de M. **P. Choux**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Le genre *Baseonema* a été créé en 1896 par MM. Schlechter et Rendle [1] pour une Asclépiadée de la tribu des Périplocées (le *Baseonema Gregorii*, de l'Afrique orientale), qui se distinguerait de toutes les autres Périplocées connues : 1° par l'absence de couronne; 2° par ses filets staminaux dilatés à la base puis filiformes; 3° par la présence de petits lobules adhérents à la corolle et alternes avec les étamines. Depuis lors, d'ailleurs, aucune autre espèce n'a été signalée.

Or, au cours d'une étude que nous poursuivons actuellement sur les Asclépiadacées de Madagascar avec des matériaux recueillis par M. Perrier de la Bâthie et que M. le professeur Jumelle a bien voulu nous confier, nous avons trouvé trois plantes qui appartiendraient également à ce genre *Baseonema* tel qu'il a été établi par MM. Schlechter et Rendle.

Ces trois Périplocées ne présentent, en effet, aucune trace de couronne, et montrent nettement, entre les étamines, de petits lobules quadrangulaires; quant aux formations que MM. Schlechter et Rendle considèrent comme la dilatation basilaire des filets staminaux, elles existent bien dans nos trois

---

(1) R. Schlechter et A.-B. Rendle, *New African Asclepiads* (*The Journal of Bot.*, t. XXXIV, 1896, p. 97, Tab. 356).

espèces, mais nous ne serions pas tout à fait de l'avis de ces auteurs en ce qui concerne leur interprétation, du moins d'après ce que nous avons pu constater dans nos échantillons. Si, en effet, sur des spécimens desséchés, on peut croire que la partie charnue qui se trouve à la base de la corolle appartient aux filets staminaux, sur des exemplaires conservés dans le formol, comme nous en avons eus pour deux de ces espèces, il nous semble bien que cette partie charnue appartient en réalité à la corolle; et c'est sur la face interne de cette sorte d'anneau qui entoure l'ovaire que prennent naissance les filets staminaux grêles; quant aux lobules interstaminaux, ils sont à la partie supérieure de cet anneau auquel ils adhèrent par leur base. C'est bien d'ailleurs ce qui paraît avoir lieu dans le *Baseonema Gregorii* d'après la figure donnée par MM. Schlechter et Rendle.

Nos trois *Baseonema* ont été récoltés l'un en 1911 dans les bois secs du mont Vatovavy vers 400^m d'altitude, les deux autres en 1912 dans les bois de l'Anolamazoatra vers 800^m.

Ce sont des lianes grêles dont les deux dernières renferment, en outre, un *latex* poisseux. L'appareil foliaire permet de les distinguer facilement : les feuilles sont en effet ovales ou obovales avec un sommet tantôt aigu, tantôt obtus, tronqué ou minusculement émarginé dans le *Baseonema multiflorum*, ovales ou ovales-lancéolées, mais à sommet acuminé dans le *Baseonema acuminatum* et linéaires dans le *Baseonema lineare*.

Les inflorescences offrent quelque ressemblance avec celles du *Baseonema Gregorii*. Ce sont en effet des cymes bipares ou tripares assez allongées, pauciflores dans le *B. acuminatum* et surtout le *B. lineare*, mais renfermant au contraire un assez grand nombre de fleurs dans le *B. multiflorum*.

Le calice est toujours de petite taille et muni de cinq glandes volumineuses rappelant celles des *Camptocarpus* ou des *Symphytonema*.

La corolle, dont nous avons déjà signalé les particularités, est à pétales peu soudés à la base et de dimensions à peu près égales dans le *B. acuminatum* et dans le *B. lineare* ($4^{mm},5$), mais beaucoup plus petits dans le *B. multiflorum* ($2^{mm},7$).

Les étamines sont entièrement glabres et les anthères sont surmontées d'un appendice triangulaire. Les translateurs sont toujours de petite taille et offrent la forme d'une bouteille.

Nous ne connaissons pas les fruits.

Nos trois espèces, dont une a été communiquée par nous à M. Schlechter qui a confirmé notre détermination, sont d'ailleurs bien distinctes du *Baseonema Gregorii*. Elles ne peuvent non plus être confondues avec une autre plante que nous croyons aussi devoir faire rentrer dans le même genre *Baseonema;* il s'agit de la Périplocée pour laquelle MM. Costantin

et Gallaud [1] ont cru devoir, dans leur *Revision des Asclépiadacées de Madagascar*, créer le nom générique de *Baroniella* en la nommant *Baroniella camptocarpoides*. Nous avons pu, en effet, examiner dans l'herbier du Muséum de Paris les fleurs de ce *Baroniella* et nous avons constaté que, contrairement à ce que pensaient MM. Costantin et Gallaud, il n'y a pas de couronne à proprement parler, mais un anneau charnu à la base de la corolle, portant comme toujours de petits lobules interstaminaux et offrant par conséquent la structure typique du genre *Baseonema*. MM. Costantin et Gallaud avaient eu raison, en somme, d'admettre un genre nouveau, mais ils ignoraient que ce genre avait déjà été créé quelques années auparavant par M. Schlechter pour une plante de l'Afrique orientale.

On connaîtrait donc dès lors à Madagascar quatre espèces de *Baseonema: Baseonema multiflorum*, *Baseonema acuminatum*, *Baseonema lineare* et *Baseonema* (*Baroniella*) *camptocarpoides*.

Il est intéressant de retrouver à Madagascar, et même assez largement représenté, un genre dont la seule espèce antérieurement connue appartenait à l'Est-Africain anglais.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La pression de l'air dans les lacunes des plantes aquatiques*. Note de M. **H. Devaux**, présentée par M. Gaston Bonnier.

On sait que toutes les phanérogames aquatiques possèdent des espaces intercellulaires remplis d'air à l'état gazeux et que l'atmosphère interne ainsi confinée ne peut se renouveler dans l'eau qui l'environne que par des échanges purement osmotiques.

Aucune mesure ne semble avoir été faite par les auteurs sur la pression totale que peuvent acquérir les gaz constituant cette atmosphère interne, et il m'a paru intéressant de faire des recherches à ce sujet.

Or, comme je l'ai montré ailleurs [2] pour une plante aquatique plongée dans l'eau aérée, il existe *à l'extérieur* deux sortes de pressions : *la pression totale ou pression barométrique*, mesurable directement, et *la pression spéciale des gaz dissous*.

---

(1) Costantin et Gallaud, *Revision des Asclépiadacées de Madagascar* (*Ann. d. Sc. nat.: Bot.*, 9e série, t. VI, 1907, p. 354).

(2) H. Devaux, *Du mécanisme des échanges gazeux chez les plantes aquatiques submergées* (*Ann. des Sciences naturelles*, 7e série, *Bot.*, t. IX, 1889, p. 100 du tirage à part).

La rigidité des parois empêche absolument la pression barométrique de se faire sentir à l'atmosphère interne (tellement même que l'on peut faire le vide à l'intérieur) ([1]). Au contraire, la perméabilité de ces mêmes parois aux gaz dissous tend à permettre l'égalisation des pressions gazeuses de part et d'autre.

Si donc la plante est plongée dans l'air libre, la pression dans l'atmosphère interne tendra à être la pression atmosphérique. Mais si elle est plongée dans de l'eau aérée, cette pression de l'atmosphère interne tendra à être *la pression de dissolution de l'air*, non la pression barométrique existant dans le liquide.

En un mot, *dans tous les cas, l'atmosphère interne de la plante ne tendra à avoir que la pression gazeuse extérieure*. « Si bien qu'un manomètre adapté directement à la plante donnerait à peu près la pression des gaz dissous (somme des pressions propres à chaque gaz dissous); tandis qu'un deuxième manomètre placé à côté, mais dans l'eau, donnerait la pression barométrique (somme des pressions données par l'atmosphère et par la colonne d'eau surmontant la plante). »

J'ai tenté ([2]) de réaliser expérimentalement la vue théorique exprimée ici, c'est-à-dire de mettre un manomètre en communication réelle avec une plante aquatique.

A cet effet je me suis servi d'un simple tube capillaire, clos à une extrémité et contenant un index mobile. La partie sectionnée de la plante est adoptée à l'autre extrémité au moyen d'une solution de gélatine à 20 ou 25 pour 100. Cette solution se coagule vers 30° et donne par refroidissement un joint hermétique très solide.

Dans ces conditions, le tube capillaire est fermé vers l'extérieur, mais il est en libre communication avec l'air confiné dans la plante et la pression de cet air est marquée à tout instant par la position de l'index dans le tube.

Dès le début on constate que cet index se maintient au 0 quand la plante est plongée soit dans l'air, soit dans l'eau normalement aérée, c'est-à-dire à la pression atmosphérique. Mais que va-t-il se produire dans l'eau sursaturée ?

Plante dans l'eau sursaturée d'air. — Préparons de l'eau sursaturée d'air par une forte agitation en vase clos avec de l'air comprimé à 2^{atm} environ. Cette eau est versée dans une éprouvette et nous y plongeons la plante.

Immédiatement l'index se déplace dans le tube manométrique, il monte assez rapidement, indiquant qu'une pression croissante s'établit dans les lacunes de la plante. En quelques minutes la longueur de la colonne gazeuse est réduite à $\frac{100}{80}$, c'est-à-dire

---

([1]) DEVAUX, *loc. cit.*, p. 68.

([2]) Les expériences relatées ici ont été faites pour la plupart en juin 1908. J'ai tardé à les publier, parce que je comptais les multiplier.

que la pression est devenue $\frac{100}{80}$; elle s'est donc accrue de $0^{atm},25$. Mais elle s'élève encore et l'excès arrive à être voisin d'une $0^{atm},5$ si la saturation est forte et qu'aucun accident secondaire ne se produise.

Avec un rameau d'*Elodea* de 14^{cm}, et une colonne gazeuse de 100^{mm} de long et de $0^{mm},7$ de diamètre, l'équilibre se produit en 15 minutes environ.

Mais dans une solution saturée d'acide carbonique il suffit de 2 ou 3 minutes.

Au contraire, dans un manomètre semblable, mais dépourvu de plante, l'index ne bouge pas; il indique à très peu près la pression barométrique, quoique plongé au même niveau.

La démonstration expérimentale de nos prévisions est donc faite : *La pression de l'atmosphère interne d'une plante aquatique submergée tend à être uniquement celle des gaz dissous.*

On peut même dire qu'une plante, munie d'un manomètre capillaire, constitue un petit appareil utile aux physiciens : c'est un *instrument permettant de reconnaître et de mesurer la pression propre des gaz dissous dans l'eau.* On pourrait l'appeler un manomètre hydropneumatique.

Rupture des parois. — Un fait très frappant ici est de voir les parois de la plante, malgré leur délicatesse apparente, résister à une pression interne considérable pouvant atteindre et dépasser $0^{atm},5$. Cependant leur résistance est limitée, et il est fréquent de voir apparaître tout à coup un filet de bulles d'un point quelconque de la plante. Cette sortie se produit soit par une rupture locale d'un point faible de la paroi ([1]), soit par une blessure préexistante fermée par simple capillarité. On sait en effet que la sortie des bulles par une très petite ouverture sous un liquide nécessite une pression d'autant plus forte que les bulles formées sont plus fines.

Notre petit manomètre hydropneumatique ne peut donc servir pour les sursaturations un peu fortes; mais pour les variations normales de la pression de l'air dissous dans les eaux naturelles il donne des indications précieuses.

ZOOLOGIE. — *L'Okapi.* Note de M. **Wilmet.**

L'Okapi, en latin *Okapia Johnstoni*, fut découvert il y a une dizaine d'années dans les forêts de l'Ituri et de l'Uellé (Congo belge). Ruminant de la famille des Giraffidés, il constitue l'intermédiaire entre les Giraffidés tertiaires et les Girafes actuelles.

([1]) L'éclatement de la paroi sous l'influence d'un excès de pression intérieure est probablement rare, en dehors des conditions extrêmes réalisées par l'expérience (Devaux, *loc. cit.*, p. 109 du tirage à part).

Okapi est le nom indigène que lui donnent les populations Walésé et Mamvu de l'Ituri; *Dumba* disent les Mabudus et Mangbetus et *Kengé* les Arabisés.

Jusqu'à ce jour aucun Okapi n'a pu être ramené vivant en Europe. Il y a quelques années on en garda un en captivité pendant quelques jours à Api et récemment je réussis à en conserver un vivant pendant 1 mois à Wamba.

D'autres circonstances ont jusqu'aujourd'hui rendu très difficile l'étude de cette race. Tout d'abord l'animal est très rare et son caractère farouche lui fait fuir le voisinage des centres peuplés. Ensuite sa peau a, aux yeux des indigènes, une très grande valeur, car ils s'en font des ceintures, des gaines de couteaux et des ornements qui sont des insignes de chefs.

Les indigènes Mabudus, Mangbetus et Balikas considèrent même l'Okapi comme *Emba* (tabou), c'est-à-dire que seuls les chefs peuvent le toucher, en manger et se parer de ses dépouilles. Pour eux, la valeur d'une peau varie entre 50 et 70 malies, c'est-à-dire de 75^{fr} à 100^{fr}. En Europe, une belle dépouille d'Okapi est estimée à plus de 6000^{fr}, voire même 10000^{fr}.

Seuls les Mambutis, race de pygmées chasseurs, voient les Okapis vivants et les tuent dans la forêt.

En effet l'Okapi ne vit jamais en plaine, ni en forêt marécageuse, mais dans les forêts montagneuses. Le centre de l'habitat se trouve aux environs de Medge, vers les sources de la Gayo et dans les forêts montagneuses des Walésés où il y a d'immenses territoires non peuplés.

Le pelage de la bête est très velouté, noir et blanc ou brun et blanc. La couleur n'est particulière ni à une race, ni au sexe, ni à l'âge : un jeune Okapi au pelage noir peut accompagner une femelle au pelage brun et *vice versa*. L'Okapi est d'une extrême propreté et se lèche, comme les chats, pour se nettoyer. Il veille sans cesse à éviter la boue et tout ce qui pourrait ternir la blancheur de ses pattes blanches musclées.

L'animal a les lèvres noires et la langue bleue et très longue. Les oreilles, très grandes et très mobiles, sont remplies de poils. L'ouïe et l'odorat sont très développés. Fort craintive, la bête se défend par des ruades très vigoureuses. Le sabot est divisé à la façon des chamois.

Vers l'âge de 1 mois, l'Okapi mesure 1^{m},05 au garot; un mois après, il a 1^{m},17 environ et, adulte, il atteint même la taille du cheval.

Les mâles ont de très petites cornes et les femelles n'en ont aucune trace.

L'Okapi voyage et mange la nuit. Il fuit la grande lumière et en semble ébloui. Il ne broute pas les herbes, mais mange les feuilles des arbres et des arbustes, du mangier entre autres et particulièrement les jeunes tiges dont il est très friand.

Pour boire, il est obligé d'écarter fortement les pattes de devant, vu la hauteur de l'avant-train. La démarche est absolument celle de la girafe, c'est-à-dire qu'il avance à la fois les deux membres du même côté. Ses allures sont le pas et le galop.

La bête dort le jour, debout le plus souvent; quand elle se couche elle se pose la tête sur une grosse branche, un tronc d'arbre renversé ou un autre support.

L'Okapi ne vit pas en troupeau, au plus peut-on rencontrer un couple et un jeune. La femelle n'a qu'un jeune par portée, au dire des indigènes. Les bêtes ne s'accouplent que pendant la saison des pluies; séparés pendant la saison sèche, aux premières pluies le mâle cherche et suit la piste de sa femelle et la rejoint si loin soit-elle. Aussi les indigènes prétendent que s'ils tuent au piège une femelle, à la saison des pluies, le mâle sera pris dans la même fosse.

Le jeune Okapi de Wamba fut pris de la façon suivante : les indigènes à la récolte du caoutchouc chassaient pour leur subsistance lorsque par hasard ils rencontrèrent une femelle okapi accompagnée de son jeune.

L'adulte parvint à fuir, mais le petit fut capturé; de la taille d'un poulain, la bête se laissa prendre et porter à bras pendant 4 jours, refusant toutefois toute nourriture. Arrivée à Wamba fort fatiguée, elle se remit peu à peu et vécut près d'un mois gardée dans un enclos de 100^m sur 50^m construit en forêt pour lui donner l'illusion de la liberté. (Elle fut nourrie par vingt chèvres laitières et on lui donna du lait condensé délayé dans de l'eau tiède avec un peu de riz; en fait de feuillages, trop jeune, elle les refusa tous sauf quelques jeunes tiges de mangier dont elle se montra friande.)

Peu à peu le jeune Okapi se familiarisa, venant à l'appel de son nom et reconnaissant très bien ceux qui le soignaient, allant même jusqu'à leur lécher les mains.

L'espoir de le ramener vivant en Europe naissait de plus en plus, lorsque le vingt-quatrième jour de sa captivité l'animal, sans motif apparent, refusa toute nourriture. Trois jours après il mourait.

Il ne me resta que la consolation d'envoyer son squelette et sa peau au Musée colonial de Tervueren ainsi que les dépouilles de cinq autres Okapi.

BIOLOGIE. — *Nouvelles observations sur la reproduction de la sardine algérienne* [1]. Note de M. **J. Bounhiol**, présentée par M. Dastre.

Poursuivant l'exposé succinct des résultats de recherches déjà longues, j'aborderai, dans cette Note, les faits relatifs à la *précocité* et à la *fécondité* de la sardine algérienne.

---

[1] J. Bounhiol, *Sur la reproduction de la sardine algérienne* (*Comptes rendus*, mai 1913).

A. A QUEL AGE LA SARDINE SE REPRODUIT-ELLE POUR LA PREMIÈRE FOIS? — Cette importante question n'a jamais reçu, à ma connaissance, de réponse nette pour aucune race ou variété de sardine, sur aucun rivage particulier. En utilisant la méthode anatomique que j'ai déjà signalée l'année dernière (¹) je crois être arrivé à lui donner, en ce qui concerne les côtes de l'Algérie, une réponse précise.

La sardine algérienne paraît être de taille plutôt petite. Sa longueur totale (moins la nageoire caudale) n'atteint ici que très exceptionnellement $14^{cm},5$. C'est un maximum qu'en 7 ans je n'ai pas vu dépassé. A âge égal, les mâles sont toujours plus petits que les femelles.

Les plus jeunes individus que j'ai observés porteurs de glandes génitales complètements mûres, en imminence ou en cours d'expulsion de leurs produits, avaient une taille de 10^{cm} à $10^{cm},3$ et une valeur de $\frac{L}{l}$ comprise entre 8,3 et 8,4. Ils étaient âgés de 13 mois, à deux semaines près.

Toutes les années n'offrent pas, du reste, la même précocité des jeunes. La saison comprise entre décembre 1910 et mars 1911 fut particulièrement remarquable à ce point de vue.

Au cours d'une période donnée, on ne trouve pas indifféremment des jeunes très précoces à tous les moments. C'est ainsi que je n'ai jamais rencontré des reproducteurs de 13 mois dans le courant de novembre; j'en ai vu tout-à-fait exceptionnellement fin décembre, très rarement au commencement de janvier, rarement en avril. C'est surtout du 15 janvier au 15 mars qu'on a le plus de chances d'observer les plus jeunes sardines génitalement mûres.

Cette particularité s'explique assez facilement. En se reportant aux faits exposés dans ma précédente Communication (²) on ne perdra pas de vue, en effet, que, d'une part, la période générale de ponte annuelle s'étend

(¹) J. BOUNHIOL, *Sur la détermination de l'âge de la sardine algérienne* (*Comptes rendus*, 17 juin 1912). — Quelque temps après la publication de cette Note, j'ai eu le plaisir de trouver dans un travail du Dr Massimo Sella, de l'Institut d'Anatomie comparée de l'Université de Rome : *Sullo sviluppo dello scheletro assiale dei Murenoïdi* (juillet 1912), une parallèle application de cette méthode anatomique (variation de la position de l'anus avec l'âge) chez les Congres. J'y ai lu, excellemment exprimé, le souhait de voir utiliser, d'une manière générale, la variation des proportions relatives des organes pendant la croissance, pour la détermination précise de l'âge de certaines larves, peu connues biologiquement, telles que les Leptocéphales.

(²) J. BOUNHIOL, *Sur la reproduction de la sardine algérienne* (*Comptes rendus*, mai 1913).

de novembre à avril et que, d'autre part, la durée individuelle de la germination ovulaire ne dépasse pas 3 mois. Il en résulte que :

Les animaux ayant plus d'un an, mûrs fin novembre de l'année n ne peuvent être nés qu'en avril, mars, février, janvier de l'année $n-1$; décembre et novembre de l'année $n-2$; ou bien en avril, mars, février, janvier $n-2$ et décembre-novembre $n-3$; ils peuvent être âgés respectivement de : 19 à 20 mois, 20 à 21 mois, 21 à 22 mois, 22 à 23 mois, 23 à 24 mois, 24 à 25 mois; puis de 31 à 36 mois, etc.

Dans les mêmes conditions, ceux qui arrivent à maturité fin décembre de l'année n ne peuvent avoir que : 20 à 21 mois, 21 à 22 mois, 24 à 25 mois; puis 32 à 37 mois; 44 à 49 mois; et provenir des éclosions d'avril, mars, février, janvier de l'année $n-1$; décembre de l'année $n-2$; puis d'avril $n-2$ à décembre $n-3$; d'avril $n-3$ à décembre $n-4$, et ainsi de suite pour ceux trouvés mûrs fin janvier, fin février, fin mars, fin avril.

Les âges déterminés d'après ma méthode ont toujours été trouvés en concordance générale avec ces prévisions.

La proportion de femelles jeunes et de femelles âgées, parmi les animaux mûrs d'une même année est très variable. Toutefois, les âgées prédominent assez nettement en novembre et décembre, au cours des années ordinaires. Dans certaines années exceptionnelles (1911, notamment), j'ai observé une extraordinaire abondance de jeunes dès le mois de décembre.

B. Fécondité. — Les ovaires mûrs ont, par paires, un volume de 2500^{mm^3} à 3600^{mm^3}. En admettant que les ovules bien caractérisés (dimension moyenne : $0^{mm},52$ de diamètre) arrivent tous à maturité et soient pondus, on obtient le chiffre minimum de 29000 à 41000 œufs par femelle.

Dans le calcul de ces nombres, il est, d'ailleurs, tenu compte du volume de la glande vidée. Il convient d'ajouter que les petits ovules, très nombreux, dont la plus grande partie arrive certainement à grossir et à mûrir, n'interviennent dans ce calcul que pour une part grossièrement approchée et évidemment insuffisante. En réalité, la fécondité de la sardine algérienne, dans les conditions normales, est, le plus souvent, supérieure à celle que j'indique ci-dessus. Le chiffre de 45000 peut être admis, chez notre sardine de petite taille, comme une moyenne très vraisemblable.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Variations de la glycémie pendant l'inanition.* Note de M. **H. Bierry** et M[lle] **Lucie Fandard**, présentée par M. Dastre.

La teneur en sucre du sang artériel qui, à l'état normal, est sensiblement fixe pour une espèce animale donnée, peut subir des variations importantes

à la suite de troubles apportés dans l'équilibre de la nutrition. Nous avons précédemment montré que l'injection d'adrénaline pouvait amener des perturbations de la glycémie chez l'animal (*Comptes rendus*, 10 février 1913); nous montrerons maintenant que l'inanition est également capable d'exercer une grande influence sur la teneur en sucre du sang.

Nous avons étudié la *glycémie totale*, c'est-à-dire à la fois le *sucre libre*, directement réducteur, et le *sucre engagé en combinaison*, sucre dont la présence ne peut être manifestée qu'après scission de la molécule complexe qui le renferme, et rupture de la liaison qui dissimule sa fonction aldéhydique. Nous avons pu établir que, dans le sang total, dans le plasma, dans le sérum, dans divers constituants protéiques de ces liquides, il existe des substances qui donnent du sucre réducteur après hydrolyse. Nous aurons à revenir sur l'origine et la nature de ces corps qui ne sont ni des composés glycuroniques, ni du glycogène, ni des glucosides, comme on l'a successivement prétendu. Ces combinaisons hydrocarbonées du sang résistent, *in vitro*, à l'action de la glycolyse (¹) et de la potasse étendue et chaude qui font disparaître le sucre libre; elles sont toutefois rompues à chaud par les acides minéraux (²), et le sucre réducteur libéré devient ainsi dosable par les procédés ordinaires. Nous avons hydrolysé le sang en le chauffant à l'autoclave à 120° avec de l'acide chlorhydrique (³); après neutralisation, les matières albuminoïdes sont précipitées par le nitrate mercurique (méthode Bierry-Portier).

Nous avons recherché si, dans l'inanition, le sucre engagé en combinaison restait dans le sang en quantité fixe, ou bien subissait certaines variations comme le sucre libre, et pouvait, ainsi que ce dernier, jouer un rôle dans l'équilibre de la nutrition. Il nous a semblé que cette question présentait un grand intérêt physiologique.

Nous avons fait ces recherches sur des chiens. Un échantillon de sang artériel fut prélevé à chaque animal, immédiatement avant le début de l'expérience, pour le dosage

---

(¹) Il n'y a donc pas de *glycolyse apparente* comme certains auteurs l'ont affirmé; nous sommes entièrement d'accord avec M. Arthus sur ce point.

(²) La première démonstration de l'existence de substances hydrocarbonées en combinaison dans le sang revient à Pavy. L'idée « qu'il pouvait, *in vitro*, se dégager du sucre dans le sang après chauffage à 56° » doit être rejetée à la suite des expériences de M. Arthus et des nôtres; il en est de même de l'existence dans le sang d'un *sucre virtuel* qui serait une sorte de glycoside, dédoublable à la fois par l'invertine et l'émulsine.

(³) Le temps de chauffe et la quantité de HCl varient un peu avec les sangs ou les sérums, plus ou moins riches en protéiques, provenant d'animaux différents.

du sucre libre et celui du sucre total après hydrolyse (le poids du sucre total, diminué du poids du sucre libre, donne la quantité de sucre réducteur provenant des diverses combinaisons génératrices d'hydrates de carbone). Ces chiens furent mis à l'inanition; on leur donna toutefois de l'eau. Nous prîmes à chacun, tous les huit ou dix jours seulement, de façon à éviter le retentissement des saignées sur la glycémie, la quantité de sang artériel nécessaire pour faire les deux dosages. Une injection d'adrénaline fut faite à certains animaux après le troisième jour, afin de mobiliser une partie de leur glycogène.

Sucre libre. — Le sucre libre reste sensiblement constant dans la première période de l'inanition (du premier au douzième jour) qui semble correspondre à la période où la réserve en glycogène du foie et des muscles est encore importante. Le sucre libre diminue dans la période agonique qui dure 4 ou 5 jours. C'est la confirmation des travaux de Chauveau et de Claude Bernard. Nous avons remarqué en outre que, pendant la période comprise entre les deux précédentes, le sucre libre augmente quelquefois de façon considérable, pouvant par exemple passer de 1^g à $1^g,80$ par litre.

Sucre engagé en combinaison. — Ce sucre subit aussi des variations très nettes pendant l'inanition. Il augmente généralement, en même temps que le sucre libre, dans la seconde période. Dans la période agonique, loin de diminuer, comme le sucre libre, il est au contraire au maximum. Nous avons constaté ce fait intéressant, même dans certains cas où la déshydratation de l'organisme ne pouvait entrer en jeu.

Glycogène. — A la fin de nos expériences, nous avons dosé le glycogène du foie et des muscles (méthode Bierry-Gruzewska). Deux fois seulement, au bout de 24 jours et de 31 jours d'inanition, nous n'avons trouvé que des traces de glycogène dans le foie et les muscles, alors que la quantité de sucre libre était très faible et que celle du sucre combiné était maxima. Dans les autres cas, même après 28 jours de jeûne, nous avons trouvé du glycogène en quantité notable dans le foie et les muscles ($1^g,48$ pour 100 de glycogène dans le foie et $0^g,15$ pour 100 dans les muscles au bout de 28 jours, par exemple). Ces faits viennent justifier les critiques de Pflüger touchant les recherches sur le glycogène dans lesquelles on a essayé d'utiliser des animaux prétendus témoins.

Nous donnerons seulement, à titre d'exemple, quelques chiffres obtenus dans deux de nos expériences :

	Sucre libre pour 1000$^{cm^3}$.	Sucre combiné pour 1000$^{cm^3}$.
	g	g
I. Chien, 29^{kg},400, avant expérience.............	0,81	0,88
23^{kg}, au bout de 14 jours de jeûne...	1,32	0,95
17^{kg},400, au bout de 24 jours de jeûne...	0,41	1,40
II. Chienne, 24^{kg},200, avant expérience...........	1	0,82
(injection de 0^{g},015 d'adrénaline dans le péritoine après le troisième jour de jeûne.)		
18^{kg},700, au bout de 6 jours de jeûne.	1	1,26
15^{kg},300, au bout de 12 jours de jeûne.	1,88	1,28

Conclusions. — Le sucre engagé en combinaison subit donc, ainsi que le sucre libre, d'importantes variations pendant l'inanition. A ce sujet se pose la question du passage des protéiques aux hydrates de carbone. Il importe en particulier de savoir si le sucre engagé en combinaison doit être considéré comme un terme de passage entre le sucre et les protéiques [1].

PHYSIOLOGIE. — *Action de l'extrait thyroïdien sur la sécrétion surrénale.* Note de MM. **E. Gley** et **Alf. Quinquaud**, présentée par M. Henneguy.

La thèse a été soutenue des rapports fonctionnels réciproques entre diverses glandes à sécrétion interne, en particulier la thyroïde et les surrénales [2]; le produit de sécrétion de la première de ces glandes constituerait un excitant pour la seconde et réciproquement l'adrénaline serait un excitant de la fonction thyroïdienne.

Il est possible de voir par des expériences directes si la thyroïde exerce une telle influence sur les surrénales. On peut, en effet, recueillir le sang veineux de ces dernières, qui contient toujours des quantités minimes, mais parfaitement décelables, d'adrénaline; on sait, d'autre part, que l'extrait de glande thyroïde contient le principe actif de la sécrétion; la question est de savoir si des injections d'extrait thyroïdien augmenteront la quantité d'adrénaline déversée dans le sang veineux des surrénales.

Ce sont ces expériences que nous avons faites.

---

(1) Des expériences en cours, entreprises par l'un de nous avec Albert Ranc, permettront de donner une réponse à cette question.

(2) H. Eppinger, W. Falta et C. Rudinger, *Ueber die Wechselwirkungen der Drüsen mit innerer Sekretion* (*Z. für klin. Med.*, t. LXVI, 1908, p. 1-52 et t. LXVII, 1909, p. 380).

Le sang de la surrénale gauche était recueilli sur des animaux préalablement chloralosés et dont le sang avait été rendu incoagulable par une injection d'albumoses ou

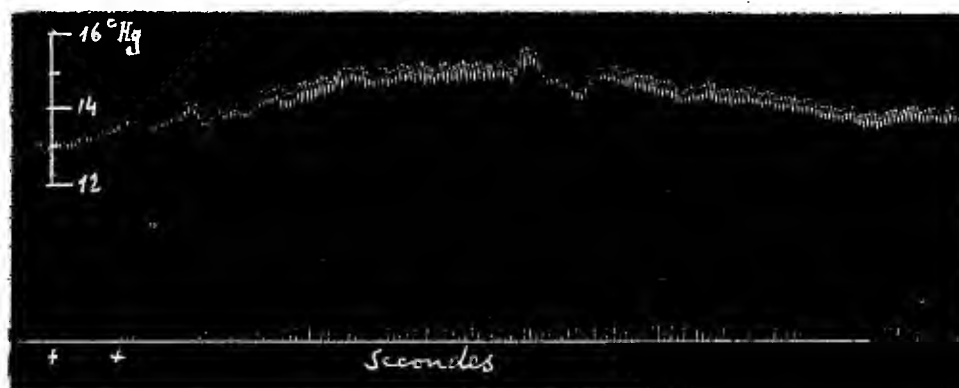


Fig. 1. — Action du sang veineux surrénal sur la pression artérielle.

Vieux chien bâtardé, de 12^{kg}, chloralosé à 3^{h}50^m. Pression dans le bout central de l'artère fémorale droite. En + + injection de 7$^{cm^3}$ de sang surrénal normal, provenant d'un autre chien (vieux, de 20^{kg},400), dont le sang avait été rendu incoagulable par une injection de 0^g,25 par kilogramme de peptone de Witte.

d'extrait de têtes de sangsues; ces animaux recevaient ensuite des injections d'extrait thyroïdien et, par comparaison, de diverses autres glandes, foie, pancréas, testicules

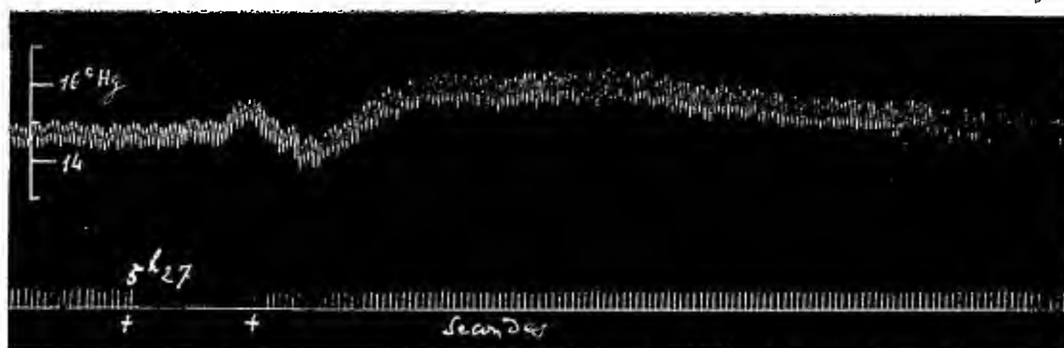


Fig. 2. — Même chien et mêmes indications que pour la figure 1.

En + + injection de 10$^{cm^3}$ de sang surrénal recueilli après que l'animal fournisseur du sang avait reçu une injection de 0^g,03 par kilogramme d'extrait thyroïdien. On voit que l'effet vaso-constricteur n'est pas plus marqué qu'après l'injection de sang normal. L'effet cardiaque est plus marqué, mais il faut noter que la quantité de sang normal injecté a été plus faible (7$^{cm^3}$ au lieu de 10).

ou reins (1). Les divers échantillons de sang recueilli étaient injectés à un autre

(1) L'extrait thyroïdien provenait du bœuf; les extraits de foie, du pancréas et de reins, du porc, et l'extrait testiculaire, du taureau.

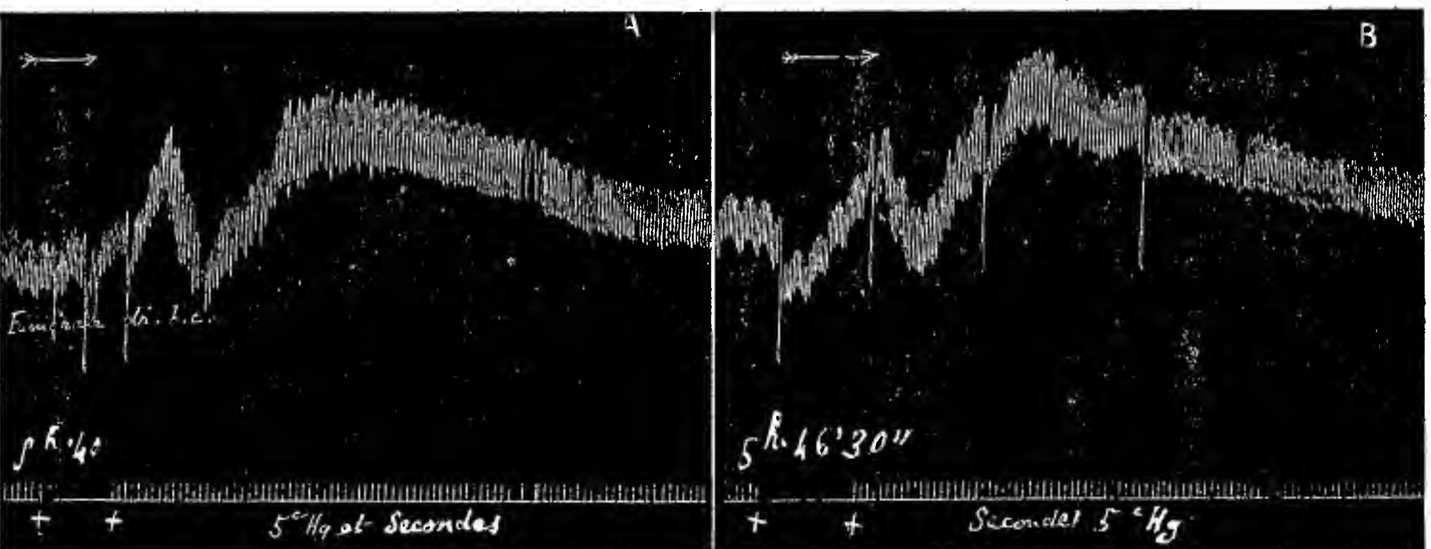


Fig. 3. — Chien roquet de 8^{kg}, chloralosé à 4^h. Pression dans le bout central de l'artère fémorale droite.

A, en + +, injection de 2^{cm^3} par kilogramme de sang surrénal d'un autre chien (de $10^{kg},300$, chloralosé, et dont le sang a été rendu incoagulable par une injection de $0^g,35$ par kilogramme de peptone de Witte), recueilli pendant les 5 minutes qui ont suivi une injection de $0^g,10$ par kilogramme d'extrait thyroïdien.

B, en + +, injection de 2^{cm^3} par kilogramme de sang surrénal recueilli pendant les 5 minutes qui ont suivi une injection de $0^g,05$ par kilogramme d'extrait hépatique.

animal (chien chloralosé) sur lequel on mesurait les variations de la pression artérielle, l'épreuve de la pression étant une des meilleures que l'on puisse instituer pour évaluer la teneur en adrénaline d'un liquide organique ou d'un extrait.

Or, les doses faibles d'extrait thyroïdien n'augmentent pas la quantité d'adrénaline du sang surrénal, comme on peut le voir sur les tracés ci-joints (*fig.* 1 et 2), choisis entre bien d'autres. A dose plus forte, 0g,05 et 0g,10 d'extrait sec par kilogramme d'animal, la sécrétion surrénale augmente, mais de telles doses ne sont plus physiologiques, puisqu'elles correspondent à des quantités de tissu frais variant de 4g à 8g, c'est-à-dire dépassant de beaucoup le poids de toute la thyroïde d'un fort chien. D'autre part, les autres extraits d'organes exercent la même action sur la surrénale; nous donnons de ce fait un exemple dans la figure 3, et ce que l'on voit ici avec l'extrait hépatique, nous l'avons obtenu avec les autres extraits que nous avons employés. L'action de l'extrait thyroïdien n'est donc point spécifique.

Les expériences de ce genre ne sont donc pas favorables à la théorie des *interrelations humorales*, telle du moins qu'elle se présente actuellement.

PHYSIOLOGIE. — *Les glandes génitales et le système dentaire.* Note de M. **R. Robinson**, présentée par M. Léon Labbé.

On connaît l'action des facteurs chimiques (acides) et des agents mécaniques sur la décalcification et l'usure des dents; on sait aussi que le manque d'hygiène entretient et favorise l'éclosion des microbes pathogènes dans la bouche et provoque l'inflammation des gencives et la dénutrition du système dentaire. Mais cette pathogénie simpliste n'explique guère les modifications intimes du métabolisme de ce système, car, dans un même groupe d'individus soumis au régime et aux soins identiques, les uns continuent à avoir une dentition satisfaisante, les autres non.

Nous nous sommes demandé si le vieil adage des accoucheurs, qui dit : *chaque grossesse coûte une dent à la femme*, contenait une part de vérité. Autrement dit, si la sécrétion endocrine des glandes génitales pouvait influencer tant soit peu la nutrition du système dentaire.

Un fait en quelque sorte expérimental nous a frappé d'abord. Dans le laboratoire de notre regretté maître, M. Lannelongue, vivaient depuis 8 ou 9 ans sept ânes, dont trois étaient châtrés et les quatre autres non. Ils étaient nourris exclusivement de foin et avaient servi aux expériences de sérothérapie antituberculeuse. Ces animaux étaient donc plus ou moins tuberculinisés, et ceci est important, vu la fréquence des altérations dentaires chez les tuberculeux.

Nos sept solipèdes ont été envoyés à l'Institut Pasteur, où M. Frasey,

vétérinaire distingué de cet établissement, les a examinés. La dentition était dans un état de perfection que l'on n'est pas habitué à voir chez des ânes de 10 à 14 ans, tous du sexe masculin. La géophagie que l'on a invoquée comme cause de l'usure des dents (*Comptes rendus*, 1912, séance du 28 janvier) ne pouvait être supposée ici, puisque le foin contient autant de terre, sinon plus, que l'avoine par exemple. Le fait saillant à retenir dans cette observation est la suppression de la fonction sexuelle par défaut d'individus femelles.

Autre exemple tiré de la pathologie comparée. Nous avons fait l'autopsie d'un chien griffon dont toutes les dents étaient noires, friables. Nous avons trouvé une cryptorchidie bilatérale avec atrophie glandulaire. D'ailleurs, on connaît la calvitie et l'usure des dents des chiens cryptorchides.

Les eunuques, dont la castration est précoce et complète, ont cependant une chevelure et une dentition parfaite.

Ces deux faits à l'apparence paradoxale se corroborent au contraire. Chez les cryptorchides, les glandes spécifiques sont longtemps comprimées et irritées, d'où une exagération de la sécrétion endocrine. Chez les hommes castrés en bas âge et d'une façon radicale, cette sécrétion n'a jamais existé.

Expérimentalement, nous avons détruit chez un jeune chien les glandes sexuelles par l'injection interstitielle d'une substance caustique (periodate de potasse). En même temps, nous avons provoqué pendant plusieurs mois une glycosurie phloridzinique. Les dents examinées par le professeur Mendel (de l'École dentaire) ont été trouvées intactes.

Ainsi chez les diabétiques et les tabétiques, si la fonction sexuelle est supprimée de bonne heure, les dents peuvent rester en assez bon état.

Cette notion nous paraît fort importante, car les troubles nutritifs observés dans certains organes des tuberculeux, des cancéreux et plus particulièrement des syphilitiques, ne doivent plus être considérés comme une action directe des microbes et de leurs toxines; un intermédiaire entre ceux-ci et les troubles en question semble être obligatoire : ce sera l'intervention d'une glande endocrine. Le métabolisme du calcium, du fluor, du manganèse, etc., sera ainsi altéré par les lésions ou les troubles fonctionnels des glandes endocrines.

Existe-t-il une action réciproque de la part du système dentaire sur la fonction génitale?

Deux observations qu'il nous a été donné de connaître sont en faveur de cette hypothèse.

I. Un Arménien, domestique, d'une quarantaine d'années, était au service d'une grande dame parisienne. Un jour le dentiste de cette personne étant en visite chez elle, celle-ci demanda au praticien, sur le désir de l'Arménien, d'arracher les quelques dents de celui-ci. Séance tenante, on fit l'ablation de 18 dents. La victime inconsciente a eu pour récompense un bon appareil, mais perdit toute fonction sexuelle. Les glandes de génération, examinées par nous au bout de 3 mois, étaient complètement atrophiées.

II. Un ouvrier russe de 30 ans environ travaillait depuis quelque temps dans une fabrique de caramel russe, à Saint-Ouen. Il a perdu en très peu de temps la totalité de ses dents devenues noires et friables. Cet homme fut atteint par la suite d'une stérilité complète et de l'atrophie glandulaire.

Ces faits, que nous pourrions multiplier par de nombreuses observations suivies personnellement dans les hôpitaux de Paris, démontrent la synergie des glandes sexuelles avec le système dentaire.

Il semble de plus en plus prouvé que l'irritation des glandes génitales produit une action fâcheuse sur le métabolisme calcaire des os et des dents.

On pourrait donc logiquement, chez les personnes atteintes d'une caducité précoce des dents, combattre cette action funeste des glandes sexuelles par l'opothérapie et même, le cas échéant, par une intervention chirurgicale appropriée à chaque cas (ablation des glandes lésées).

CHIMIE PATHOLOGIQUE. — *Recherches sur les variations de l'acide phosphorique dans l'urine et le foie des cancéreux.* Note de M. **Albert Robin**, présentée par M. Armand Gautier.

1. Les variations de l'acide phosphorique urinaire chez les cancéreux sont si étendues que, considérées en bloc, elles semblent échapper à toute systématisation. En tout cas, elles ne présentent rien qui soit caractéristique du cancer.

2. Les variations de l'alimentation figurent au premier rang parmi les conditions susceptibles d'influencer le taux de l'acide phosphorique urinaire.

3. Toutefois, en classant les cancéreux en trois groupes (I. Cancéreux à marche lente, s'alimentant suffisamment; II. A marche rapide, mal alimentés; III. Cachectiques et inanitiés), on constate :

a. Que dans les cas du premier groupe, où les pertes sont à peu près

compensées par l'apport alimentaire, le rapport de l'azote phosphorique à l'azote total tend à dépasser la normale, ce qui paraît correspondre à une activité nutritive plus grande dans les tissus riches en nucléine :

Premier groupe : Sujets s'alimentant suffisamment. — Marche lente.

Ph^2O^5.	Ph^2O^5 : AzT (1).	Ph^2O^5 : RI (2).
2g,040	19,05 pour 100	12,75 pour 100

b. Que dans les cas du deuxième groupe, où Ph^2O^5 s'abaisse notablement, alors que l'azote total se maintient au chiffre des cas du premier groupe, le processus cancéreux retentit sur tous les albuminoïdes de l'organisme qui tendent à se désintégrer davantage, alors que la réfection alimentaire décroît :

Deuxième groupe : Sujets s'alimentant mal. — Marche rapide.

Ph^2O^5.	Ph^2O^5 : AzT.	Ph^2O^5 : RI.
1g,572	15,5 pour 100	17,6 pour 100

c. Que dans les cas du troisième groupe, où l'acide phosphorique, l'azote total et le résidu inorganique décroissent de concert avec élévation du rapport de Ph^2O^5 à l'azote total, la plus grande destruction des tissus riches en nucléine domine la désintégration :

Troisième groupe : Sujets cachectiques et inanitiés.

Ph^2O^5.	Ph^2O^5 : AzT.	Ph^2O^5 : RI.
1g,079	22,37 pour 100	22,9 pour 100

4. La diminution de l'acide phosphorique dans le foie cancéreux et chez les cancéreux cachectiques vient à l'encontre de l'hypothèse émise de rétention des phosphates, car elle exclut toute idée de rétention.

5. La diminution du rapport du Ph^2O^5 au résidu inorganique dans les régions les plus atteintes du foie cancéreux, alors que ce rapport reste normal dans les régions relativement saines, vient à l'appui de la précédente conclusion.

---

(1) Azote total.
(2) Résidu inorganique.

Acide phosphorique dans le cancer du foie (pour 1000 de tissu frais).

		Ph^2O^5.	AzI.	R. Inorg.
Foie cancéreux.	Marche lente. Parties très atteintes....	5,46 g	26,27 g	44,89 g
»	Marche lente. Parties relativ. saines...	6,15	24,62	47,38
»	Marche rapide. Parties très atteintes...	4,37	16,12	36,73
»	Marche rapide. Parties relativ. saines..	6,85	21,92	48,58
Foie normal	....	7,16	21,56	47,30

6. L'acide phosphorique lié aux bases terreuses augmente relativement dans l'urine des cancéreux cachectiques, ce qui est en rapport avec une diminution parallèle des réserves calciques dans les tissus; mais c'est aussi le cas dans le foie graisseux alcoolique et dans quelques cas de phtisie pulmonaire.

7. La localisation osseuse du cancer s'accompagne aussi d'une déminéralisation terreuse qui croît avec l'étendue de la surface envahie.

Acide phosphorique dans les cancers osseux.

	Ph^2O^5				
	total (A).	alcalin (B).	terreux (C).	Ph^2O^5 : AzT total.	C : A.
H. 62 ans. Période de début, diagnostic encore incertain.........	2,700 g	2,300 g	0,400 g	16,4 p. 100	14,8 p. 100
F. 60 » Huit mois avant la mort...	1,764	1,218	0,546	16,0	30,9
F. 65 » Quinze jours avant la mort.	0,720	0,280	0,440	18,0	61,0
F. 28 » Sarcôme du fémur........	1,690	0,910	0,780	17,3	46,1

8. Les variations de l'acide phosphorique en combinaison organique (Ph^2O^5 produit) n'ont rien de caractéristique en ce qui concerne le fait du cancer.

Phosphore en combinaison organique dans le cancer.

	Ph^2O^5			
	total.	combiné.	PhC : Ph total.	PhC : Az total.
Cancer de l'estomac (H. 60 ans)...	2,673 g	0,077 g	2,88 p. 100	0,60 p. 100
» du foie (H. 50 ans)...	2,018	0,025	1,23	0,19
» du foie (H. 60 ans)...	2,814	0,141	5,01	0,93

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Catalyse biochimique d'une oxydation luminescente.* Note de MM. **J. Ville** et **E. Derrien**, présentée par M. A. Gautier.

Les propriétés *peroxydasiques* (¹) de la matière colorante du sang et de ses dérivés ferrugineux (hématine, hémine, etc.) ont été peu utilisées en dehors des réactions colorées dites *réactions du sang*, résultant de l'oxydation d'un grand nombre de composés divers sans intérêt biologique. L'un de nous (²) a montré que l'indol pouvait être oxydé par l'eau oxygénée très diluée en présence d'hématine et donner ainsi de l'indigotine (en passant, sans doute, par le stade indoxyle), par un mécanisme se rapprochant beaucoup plus de ce qui doit se passer chez les êtres vivants que dans les autres procédés d'oxydation : ozone (Nencki), eau oxyénée à 100^{vol} (Porcher).

Les travaux bien connus de Raphaël Dubois (³), sur la biophotogenèse nous ont incités à rechercher s'il n'était pas possible, en utilisant les propriétés peroxydasiques de la matière colorante du sang, de rapprocher de la même façon les phénomènes d'oxyluminescence de la production de lumière par les êtres vivants.

Nos premiers essais ont été faits avec la *lophine* (triphénylimidazol), dont l'oxydation luminescente par l'air en présence de potasse alcoolique concentrée a été étudiée par Radziszewski en 1871 (⁴). Nous avons constaté que l'oxyluminescence de la lophine est nettement catalysée par le système hématine-H^2O^2, ainsi qu'il résulte des faits suivants :

Dans un tube à essais (de 18^{mm} à 20^{mm} de diamètre) on introduit 5^{cm^3} d'une solution à $0^g,4$ de lophine pour 100^{cm^3} d'alcool absolu, 6 gouttes de solution de soude au dixième et 10 à 12 gouttes d'eau oxygénée à 10^{vol}. En se plaçant dans l'obscurité, on n'observe aucune luminescence sensible.

Une belle luminescence se manifeste dès qu'on ajoute à la préparation précédente 8 à 10 gouttes d'une solution d'hématine (obtenue en versant goutte à goutte du sang défibriné dans une solution de 2^g d'acide tartrique pour 100^{cm^3} d'alcool à 85°, à raison

(¹) Ou *pseudoperoxydasiques* si l'on admet qu'il existe deux sortes de substances activantes des peroxydes : des pseudoperoxydases comme l'hématine et des peroxydases *vraies* de nature diastasique.

(²) E. Derrien, *A propos des oxydations par le système sang-peroxyde d'hydrogène* (*Bull. Soc. chim. de France*, 4ᵉ série, t. IX, 1911, p. 808).

(³) R. Dubois, *Bull. Soc. zool. de France*, 1887; *Soc. Biol.*, t. LIII, 1901, p. 702; *Assoc. franç. pour l'avancement des Sciences*, Toulouse, 1910, p. 194; *Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 690.

(⁴) Radziszewski, *D. ch. Gesell.*, t. X, p. 70.

de 1 goutte de sang par centimètre cube d'alcool tartrique, et filtrant pour séparer le précipité protéique).

La luminescence se produit également quand on remplace la solution d'hématine par quelques cristaux d'hémine ou par une dilution sanguine.

Nous avons aussi opéré avec de la lophine en solution dans la pyridine. Dans ce cas, la présence d'acide tartrique, seulement favorisante en milieu alcoolique, devient nécessaire, et l'oxyluminescence n'est obtenue qu'avec l'hématine ou l'hémine.

En préparant à part deux liquides, l'un avec la solution alcoolique de lophine et la solution d'hématine, l'autre avec la soude et l'eau oxygénée, on obtient, par leur mélange, une luminescence bien plus belle et plus intense que celle observée dans les conditions précédentes. Si, alors que la luminescence perd de son intensité, on ajoute un peu d'eau oxygénée et de solution d'hématine, la lumière reprend son intensité primitive, et cela tant que la préparation renferme de la lophine non modifiée.

Nous avons comparé nos essais d'oxyluminescence par catalyse biochimique avec les expériences de Radziszewski par simple action chimique, oxydation de la lophine par l'air en présence de potasse alcoolique. $0^g,025$ de lophine avec $0^g,10$ de potasse dans 5^{cm^3} d'alcool absolu ne donne aucune luminescence sensible, alors que notre essai, précédemment décrit (avec $0^g,02$ de lophine), manifeste une belle luminescence. Le phénomène continue à s'observer, dans notre cas, même si l'on emploie des quantités bien moindres de lophine; il est bien apparent avec $0^g,002$ et encore sensible avec $0^g,0002$ de lophine. En employant de fortes quantités de lophine, la comparaison est toujours en faveur de la catalyse hématique.

Dans un ballon, 1^g de lophine, 4^g de potasse et 25^{cm^3} d'alcool absolu (proportions indiquées par Radziszewski) donnent bien une luminescence nette par agitation à l'air, mais dans un ballon de mêmes dimensions 1^g de lophine, 25^{cm^3} d'alcool absolu, 30 gouttes seulement de soude au dixième, 50 gouttes d'eau oxygénée à 10^{vol} et 30 gouttes de solution d'hématine produisent une luminescence plus belle, permettant d'apercevoir le visage de l'opérateur et de lire l'heure à une montre.

Si, à l'essai fait d'après Radziszewski, et après un certain temps de mise en expérience, on ajoute de l'eau oxygénée, on n'observe rien de particulier; mais si l'on y verse ensuite quelques gouttes de solution d'hématine, on constate que la luminescence acquiert alors une bien plus grande intensité.

Nous nous proposons de revenir sur l'intérêt que les faits qui précèdent présentent à divers points de vue (rôle des peroxydes et des activeurs de peroxydes dans les phénomènes d'oxyluminescence, action de la lophine sur la matière colorante du sang, rôle de l'acide tartrique, etc.). Nous soulignerons simplement, pour le moment, les analogies frappantes entre l'action de l'association catalytique, à allures *oxydasiques*, hématine-H^2O^2, sur la lophine, et le mécanisme physiologique découvert par R. Dubois chez des animaux luisants (*Pyrophorus noctilucus*, *Pholas dactylus*) : action d'une *luciférase* sur une *luciférine*.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *L'arsenic et le manganèse dans les feuilles jeunes et âgées*. Note de MM. **F. Jadin** et **A. Astruc**, présentée par M. L. Guignard.

Lors de nos précédentes recherches sur la présence de l'arsenic et du manganèse dans les végétaux ([1]), notre attention avait été attirée par le fait que certains organes jeunes, en voie de croissance active, se montraient pauvres en ces deux éléments. D'autre part, Pichard ([2]), dans ses travaux sur le manganèse avait écrit : « Le manganèse paraît se concentrer dans les parties de la plante en activité végétative, dans les feuilles, les jeunes pousses. »

Il nous semblait que de nouvelles recherches s'imposaient sur ce point. Nous avons, dès lors, institué des dosages comparatifs d'arsenic et de manganèse sur des feuilles jeunes et âgées d'un même végétal à feuilles persistantes.

Mais comme, suivant leur âge, les divers organes végétaux contiennent des proportions variables d'eau et de matières minérales, il était indispensable, dans l'expression des résultats, de tenir compte de ces données; c'est pourquoi nous les avons retenues; elles nous permettront d'envisager sous diverses faces le problème complexe de biologie végétale relatif à la présence, dans les végétaux, des deux éléments considérés et de préciser les observations déjà faites par Pichard.

Les deux Tableaux ci-dessous portent les chiffres obtenus en employant les méthodes déjà indiquées dans nos publications antérieures et sur lesquelles il est inutile de revenir.

I. — *Arsenic contenu dans* 100g *de substance (en milligrammes).*

	Organe frais.		Organe sec.		Cendres.	
	Feuilles jeunes.	Feuilles âgées.	Feuilles jeunes.	Feuilles âgées.	Feuilles jeunes.	Feuilles âgées.
Cratægus glabra Thunb. (Rosacées).....	0,010	0,020	0,036	0,051	0,714	0,729
Eriobothrya japonica Lindl. (Rosacées)..	0,012	0,022	0,043	0,046	0,533	0,473
Prunus Laurocerasus L. (Rosacées).....	0,020	0,030	0,080	0,077	1,123	0,748
Pittosporum sinense Desf. (Pittosporées).	0,008	0,012	0,029	0,033	0,384	0,359
Evonymus europæus L. (Célastrinées)...	0,008	0,018	0,022	0,041	0,208	0,214
Ligustrum vulgare L. (Oléacées)........	0,018	0,020	0,057	0,063	0,837	0,418
Laurus nobilis L. (Laurinées)...........	0,033	0,040	0,124	0,106	2,869	1,905

([1]) *Comptes rendus*, t. 154, p. 893; t. 155, p. 291 et 406.

([2]) *Comptes rendus*, t. 126, p. 1882.

II. — *Manganèse contenu dans 100g de substance (en milligrammes).*

	Organe frais.		Organe sec.		Cendres.	
	Feuilles jeunes.	Feuilles âgées.	Feuilles jeunes.	Feuilles âgées.	Feuilles jeunes.	Feuilles âgées.
Cratægus glabra Thunb. (Rosacées)........	0,80	1,40	2,93	3,58	57,14	51,09
Eriobothrya japonica Lindl. (Rosacées).....	1,20	1,40	4,37	2,95	53,33	30,10
Prunus Laurocerasus (Rosacées)..........	0,80	1,52	3,23	3,91	44,94	37,92
Pittosporum sinense Desf. (Pittosporées).....	1,20	1,80	4,29	4,97	57,69	53,89
Evonymus europœus L. (Célastrinées)......	0,60	1,20	1,71	2,92	15,58	14,28
Ligustrum vulgare L. (Oléacées)...........	1,50	4,50	4,77	14,28	69,77	94,24
Laurus nobilis L. (Laurinées)..............	1,20	2,00	4,34	5,33	104,34	95,23

De l'examen de ces deux Tableaux il résulte que :

1° L'âge d'un même organe végétal influe très sensiblement sur sa teneur en manganèse et en arsenic; il s'ensuit que les nombres trouvés par l'analyse doivent être considérés comme ayant une valeur relative et non absolue;

2° Les différences en arsenic et en manganèse observées entre les feuilles jeunes et âgées d'un même végétal sont surtout sensibles lorsqu'on rapporte les résultats au poids frais : les feuilles jeunes sont moins riches que les feuilles âgées.

Rapportées au poids sec, ces différences, bien que restant du même ordre, sont toutefois moins sensibles.

Rapportées aux cendres, ces différences deviennent d'ordre inverse et corroborent, en ce qui concerne le manganèse, la conclusion de Pichard.

(Observons, cependant, que les chiffres ayant trait au poids sec et aux cendres présentent quelques exceptions que nous signalons fidèlement, mais qui ne paraissent pas changer l'allure générale de nos conclusions.)

Les résultats de cette Note et ceux publiés précédemment (*Journ. de Pharm. et Chim.*, 7e série, t. VI, p. 529; t. VII, p. 155) montrent, une fois de plus, la nécessité, dans les recherches de Chimie végétale, de bien établir le point de départ, c'est-à-dire le poids frais, le poids sec ou les cendres de l'organe mis en œuvre.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les substances protéiques de la levure.* Note de M. **Pierre Thomas**, présentée par M. Roux.

Les substances protéiques de la levure ont été peu étudiées jusqu'à présent. Les seuls travaux renfermant quelques résultats précis sont ceux

de Kossel (¹), qui a réussi à en extraire, par l'action de la soude très diluée, une substance appartenant vraisemblablement au groupe des nucléines, et celui de Schröder (²), qui a obtenu, par autolyse en présence d'éther, un produit coagulable mal défini.

J'ai réussi à obtenir, en partant de levure partiellement autolysée, deux substances bien différentes l'une de l'autre, dont voici les principales propriétés :

La première est insoluble dans l'eau, peu soluble dans les solutions de sel marin à 10 pour 100, et cette solution est incoagulable par la chaleur. Elle se dissout dans les solutions étendues de soude, dans l'eau de chaux et dans les carbonates alcalins; les acides minéraux et l'acide acétique la précipitent de ces solutions. Dans la solution alcaline, l'acide phosphorique fait naître un précipité qui se redissout par un léger chauffage et reparaît par refroidissement.

Cette substance contient de 16,10 à 16,18 pour 100 d'azote, 1,75 à 1,83 pour 100 de phosphore et 0,38 pour 100 de soufre; elle donne toutes les réactions colorées des substances albuminoïdes. Par ses propriétés, elle paraît se ranger assez près de la caséine, dans le groupe des corps improprement désignés sous le nom de *paranucléoprotéides*. Pour cette raison, je l'ai soumise à une étude comparative avec la caséine et l'ovovitelline; cette étude est résumée dans le Tableau suivant :

	Caséine.	Protéide de levure.	Vitelline.
Solubilité dans Na Cl à 10 p. 100.	presque insoluble	peu soluble	très soluble
Solubilité dans l'eau de chaux...	très soluble	assez soluble	très peu soluble
Valeur de p_H au début de la précipitation (³)...............	4,2 — 6,3	6,3 — 6,8	8,3 — 8,5
Coagulation par la présure	presque complète	incomplète	nulle

La concentration en ions H nécessaire pour produire le début de la précipitation des protéides a été déterminée en ajoutant des quantités croissantes d'acide phosphorique à leurs solutions sodiques, en présence d'une série convenablement choisie d'indicateurs (hélianthine, rouge de méthyle, rouge neutre, naphtol-phtaléine, phénol-phtaléine).

La coagulation par la présure (présure commerciale Hansen) est un

(¹) *Zeitschrift f. physiolog. Chemie*, t. III, 1879, p. 284, et t. IV, 1880, p. 290.

(²) *Beiträge z. chem. Physiologie u. Pathologie*, t. II, 1902, p. 388.

(³) En appelant c la concentration en ions H, on a, d'après Sörensen :

$$c = 10^{-p_H}$$

caractère intéressant du protéide de levure; sans être aussi bonne qu'avec la caséine, elle donne lieu à la formation de grumeaux, qui s'agglomèrent peu à peu en une masse solide. Il est à noter que la vitelline du jaune d'œuf ne coagule pas du tout avec la présure animale; Gerber a montré récemment ([1]) que le jaune d'œuf coagule sous l'action de certaines présures végétales.

Lorsque l'on abandonne à l'étuve à 37° une solution de protéide de levure dans la soude à 1 pour 100, on constate que le phosphore passe peu à peu à l'état minéral. Après 48 heures, 37 pour 100 du phosphore sont détachés de la molécule; après 5 jours, ce chiffre atteint 58 pour 100. Ce phénomène, étudié par Plimmer et Scott ([2]) pour la caséine et la vitelline, se retrouve par conséquent avec le protéide de levure; il vient à l'appui de la conclusion énoncée plus haut. Le protéide de levure paraît donc avoir sa place entre la caséine et la vitelline, mais plus près de la première.

La seconde substance protéique que j'ai pu extraire de la levure présente les caractères d'une albumine. Elle est soluble dans l'eau, coagulable par la chaleur; l'acide acétique ne la précipite pas. Il en est de même si l'on sature sa solution aqueuse de sulfate de magnésium ou si on lui ajoute un volume de solution saturée de sulfate d'ammonium.

La solution neutre ou légèrement acide commence à se troubler vers 40°; elle donne à 41° un léger coagulum très net. Le liquide filtré et chauffé de nouveau reste limpide jusqu'à 49°, puis donne un nouveau coagulum à 50°. On obtient une nouvelle précipitation, très abondante cette fois, entre 55° et 58°, mais ce n'est pas tout : le liquide continue en effet à coaguler, pour ainsi dire d'une façon ininterrompue, jusqu'à 70°.

L'albumine de levure renferme de 16,3 à 16,4 pour 100 d'azote et 0,89 à 0,94 pour 100 de soufre. On peut y trouver de petites quantités de phosphore, variant depuis des traces à peine dosables jusqu'à 0,07 pour 100 dans un échantillon. Cet élément est vraisemblablement accidentel et résulte des difficultés d'une purification complète. Cette albumine donne les réactions de précipitation habituelles avec les réactifs alcaloïdiques et les acides minéraux, y compris l'acide métaphosphorique. Elle donne également les réactions colorées usuelles; la réaction glyoxylique est particulièrement nette (tryptophane).

Il me paraît, dès à présent, que la présence en quantité importante d'une

---

([1]) *Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. LXXIV, 1913, p. 53.

([2]) *Journal of chemical Society*, t. XCIII, 1908, p. 1699.

albumine typique dans la levure est d'un grand intérêt. On sait que de tels corps sont plutôt rares dans le règne végétal, où se trouvent presque toujours des globulines d'un caractère spécial. Par analogie avec la nomenclature actuelle des substances protéiques végétales, je désignerai l'albumine de levure sous le nom de *cerevisine*.

Je poursuis des recherches sur la constitution de ces nouvelles matières protéiques.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la présence du bore dans le lait et dans les œufs.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **H. Agulhon**, présentée par M. Roux.

Les recherches que nous avons publiées sur la présence du bore dans l'organisme animal ont montré que non seulement ce métalloïde existe, contrairement à ce qu'on pouvait soutenir jusque-là, chez les animaux comme chez les végétaux, mais, bien plus, qu'il y a lieu d'admettre sa présence normale à tous les degrés de l'échelle zoologique ([1]).

Nous nous sommes demandé, à la suite de ces résultats, si le bore est un élément fondamental de la cellule vivante, s'il remplit, comme le fer et le manganèse, un rôle indispensable dans les échanges nutritifs. Cette question nous a conduits à compléter nos recherches statiques par l'examen du lait et de l'œuf des oiseaux. On est fondé à supposer, en effet, que si le bore possède réellement une importance cellulaire, il doit exister déjà aux premiers temps de la vie; qu'il doit se trouver, en conséquence dans le lait, liquide chargé de subvenir à lui seul, durant une période notable, aux besoins alimentaires du jeune mammifère, et même dans l'œuf, c'est-à-dire à une étape du développement où il n'y a pas à se préoccuper de la contamination de l'organisme par les apports extérieurs.

Nous avons opéré sur quatre espèces de laits, recueillis en notre présence, directement dans les vases nettoyés par nous. La recherche du bore, effectuée par la méthode déjà décrite ([2]), a donné chaque fois un résultat nettement positif ([3]) :

([1]) *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 248, et t. 156, 1913, p. 732.

([2]) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. VII, 1910, p. 90 et 115, et t. XIII, 1913, p. 396, note.

([3]) Dans une publication récente (*Bull. Soc. chim.*, 29 juin 1913), M. Robin signale que : « il a été possible de caractériser la présence de traces de bore dans plusieurs échantillons de lait pur » sans indiquer l'origine de ceux-ci, ni les précautions prises pour s'assurer de leur pureté. Dans un lait pur commercial, nous avons trouvé environ 0g,003 d'acide borique par litre; on sait qu'on utilise parfois, pour le nettoyage du matériel de laiterie, des substances qui renferment de l'acide borique.

	Poids de lait analysé.		Longueur de la bande après 18 heures.	48 heures.
Femme	13g	Moufle (1)	2mm	
Anesse	50	»	6	7mm
Chèvre	215	»	9	11
Vache	200	»	5	9
»	400	»	réaction spectrale très nette	

Lorsqu'on coagule la caséine (avec de l'acide phosphorique pur), le bore reste en entier dans le sérum, même débarrassé de l'albumine par la chaleur. Peut-être existe-t-il dans le lait à l'état de borate. Sa quantité est très petite. Nous l'avons dosé à l'aide d'une méthode que nous ferons connaître prochainement; nous avons trouvé dans 1 litre de liquide :

Femme	0mg,08	de bore, correspondant à	0mg,5	environ de $B(OH)^3$
Anesse	0,1	»	0,6	»
Vache	0,2	»	1,1	»

Le bore est aussi présent dans l'œuf des oiseaux comme le montrent les résultats rapportés dans le Tableau suivant :

		Poids sec.	Poids frais.	Longueur de la bande après 18 heures.	48 heures.
Poule :					
Coquille et membrane	Moufle	29g		3mm	5mm
Jaune (2)	»	34	70g	1	2
Blanc	»	23	170	4	5
» (autre origine)	»	20	»	4	5
» »	»	30	»	réaction spectrale très nette	
Membrane coquillère	»	0,9	»	2,5	3
Coquille sans membrane	»	30		2	2
Pigeon :					
Coquille et membrane	»	13	»	1	3
Jaune	»	19	48	2	3
Blanc	»	14	119	4	5
Canard sauvage :					
Coquille et membrane	»	15	»	2	3
Jaune	»	20	36,5	1	2
Blanc	»	12	105	5	7

(1) Le lait ayant été additionné, avant d'être desséché et calciné, de 2cm³ de soude normale (du sodium) pour 100cm³ de liquide.

(2) Le jaune d'œuf donne des cendres acides; il est nécessaire de l'additionner d'environ 20cm³ de soude normale par 30g de matière sèche.

		Poids sec.	Poids frais.	Longueur de la bande après 18 heures.	48 heures.
Dinde :					
		g	g	mm	mm
Coquille et membrane ...	Moufle	15	»	2	3
Jaune..................	»	20	»	1	2
Blanc..................	»	1	»	2	3
»	»	5	»	4	5
Oie :					
Coquille sans membrane .	»	20	»	1	2
Membrane coquillère	»	3	»	3	4
Jaune..................	Bombe	20	31	2	3
Blanc..................	Moufle	15	130	7	8

On peut déjà remarquer, en comparant ces résultats entre eux, que, à l'inverse de ce qui a été observé pour le fer et pour le manganèse, le bore est surtout localisé dans le blanc. Les chiffres ci-dessous donnent une mesure de la différence de teneur en bore du jaune et du blanc :

Poule :	Jaune....	0,016 mg	par kilo sec; soit	0,008 mg	par kilo frais
»	Blanc....	1	»	0,136	»
Dinde :	Blanc....	1	»	»	»
Oie :	Blanc....	1	»	0,116	»

Il est vraisemblable, d'après tous ces résultats et ceux que nous avons publiés antérieurement, que le bore se range à côté des autres éléments catalytiques de la cellule vivante.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur les vibrions et leurs toxines.* Note de MM. **H. Pottevin** et **H. Violle**, présentée par M. Roux.

On convient généralement aujourd'hui de considérer comme cholérique tout vibrion cholériforme auquel on a reconnu l'un ou l'autre des deux caractères suivants : être agglutinable (à $\frac{1}{1000}$ au moins) par le choléra-sérum, donner la réaction de Pfeiffer.

Cette définition permet, l'expérience l'a prouvé, d'assurer le diagnostic bactériologique du choléra dans des conditions de sécurité suffisantes, pratiquement, pour les besoins de la prophylaxie. Mais elle comporte des réserves.

D'une part, assez souvent les vibrions isolés de cas typiques de choléra ne sont pas agglutinables, et les recherches faites cette année même, au lazaret de Tor, ont permis de constater que, chez un individu mort du choléra, diverses régions de l'intestin pouvaient renfermer, en cultures pures, l'une des vibrions agglutinables, l'autre des vibrions non agglutinables.

D'autre part, nous apportons la preuve que les vibrions agglutinables existent dans les eaux superficielles, en dehors de toute contamination récente, supposable, par des produits cholériques.

Nous avons isolé de l'eau de la Seine, puisée à Saint-Cloud, au mois d'avril 1913, un vibrion présentant tous les caractères morphologiques et culturaux du vibrion de Koch, monocilié; pathogène pour le cobaye, le pigeon, le lapin, et pour les petits lapins en ingestion d'après la méthode de Metchnikoff. Il est agglutiné par le choléra-sérum jusqu'à la dilution ($\frac{1}{10000}$) qui correspond à la limite d'activité vis-à-vis des races cholériques types; donnant la réaction de Pfeiffer. Son sérum homologue, obtenu par immunisation du lapin, agglutine au même type ($\frac{1}{1000}$) et bactériolyse ses cultures et celles des vibrions types.

Notre vibrion de Saint-Cloud et la race prise pour terme de comparaison fixent le complément en présence de l'un ou de l'autre de leurs sérums homologues, et ne le fixent pas avec les sérums correspondants d'animaux neufs.

Dans les cultures en bouillon, le vibrion de Saint-Cloud sécrète une toxine et une hémolysine thermolabiles, neutralisées l'une et l'autre, *in vitro*, par le choléra-sérum antihémolytique et antitoxique décrit antérieurement par l'un de nous.

Pour chacune des races de vibrions, classées ou non dans le groupe cholérique, dont les produits de sécrétion se montrent à la fois hémolytiques et toxiques, se pose la question de savoir si les deux propriétés sont fonction d'une seule et même substance active ou de deux substances distinctes. Les savants qui l'ont envisagée se sont prononcés en sens inverses. Les observations suivantes nous semblent devoir faire conclure, au moins pour les cas étudiés, en faveur de la dualité :

a. La toxine filtrée du vibrion de Saint-Cloud est mise au contact de globules rouges de mouton (la quantité de globules provenant de 3^{cm^3} de sang pour 6^{cm^3} de toxine); après 20 minutes de contact à — 37°, l'hémolyse n'étant pas encore commencée, on

---

(1) POTTEVIN, *Toxine et antitoxine cholériques* (*Comptes rendus*, t. 156, p. 1631).

centrifuge. Les globules ont déjà fixé l'hémolysine, car, dilués dans l'eau physiologique et mis à l'étuve, ils s'hémolysent complètement en quelques heures. En recommençant l'opération sur la même toxine, on constate qu'après deux traitements les globules du troisième ne s'hémolysent pas et que le liquide surnageant a perdu tout pouvoir hémolytique. Son pouvoir toxique, thermolabile, n'a pourtant que faiblement diminué, le cobaye succombe en moins de 12 heures à l'injection intra-péritonéale d'une dose représentant deux fois la dose mortelle avant traitement.

Les deux autres expériences ont été faites avec la toxine hémolytique décrite par l'un de nous, dans la Note déjà visée.

b. La fixation de l'hémolysine sur les globules de mouton est réalisée d'après la technique indiquée ci-dessus. Avant traitement, la toxine tuait le cobaye à la dose de 1^{cm^3} dans le péritoine. Après traitement, tout pouvoir hémolytique ayant disparu, elle tue le cobaye à la dose de 2^{cm^3}, et tue également le pigeon par injection intra-veineuse.

c. En concentrant la toxine par distillation sous pression réduite jusqu'au $\frac{1}{5}$ de son volume environ, on obtient un liquide qui, injecté dans la cavité céphalo-rachidienne du lapin à la dose de $0^{cm^3},6$, provoque la mort dans un délai qui varie de quelques minutes à une heure ou deux. La même injection de toxine, chauffée ou saturée par le sérum, reste sans effet.

Quand les animaux succombent à l'injection intra-rachidienne, le sang prélevé aussitôt après la mort ne présente aucune altération. Il n'y a pas trace d'hémolyse, et l'on ne peut mettre en évidence l'existence d'hémolysine, soit en solution dans le plasma, soit fixée sur les globules, comme il arrive pour les animaux qui succombent à l'injection intra-veineuse.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Formule barométrique simplifiée pour la mesure des altitudes.* Note de M. **Alphonse Berget**, présentée par M. Ch. Lallemand.

La mesure des hauteurs à l'aide du baromètre est, le plus souvent, le seul moyen qui soit à la portée des géographes voyageurs. Pour faciliter cette mesure, les constructeurs ont réalisé des baromètres anéroïdes dont le cadran porte des divisions égales devant donner directement les altitudes atteintes; ces instruments (à l'exception de ceux du colonel Goulier), quand on y lit directement les altitudes, peuvent conduire à des erreurs notables, dès que les différences de niveau sont un peu fortes.

La meilleure manière d'utiliser le baromètre à la mesure des altitudes

consiste à observer la hauteur de mercure aux deux stations dont on veut connaître la différence de niveau, ou, si l'on dispose d'un baromètre anéroïde, les chiffres du cadran qui indiquent cette hauteur. Il faut connaître également les nombres qui indiquent les températures de l'air aux deux stations, les tensions de la vapeur d'eau et, si l'on se sert d'un baromètre à mercure, les températures qu'indique le thermomètre fixé à l'instrument (avec les baromètres anéroïdes *compensés* ces derniers nombres ne sont pas nécessaires).

Les lectures des hauteurs H_0 et H de la colonne de mercure aux deux stations, ainsi que les autres observations, doivent être faites, autant que possible, *simultanément*. A l'aide des nombres observés, on calcule la différence de niveau Z de deux stations à l'aide de la formule suivante que donnent les *Tables météorologiques internationales :*

$$Z = 18400(1{,}00157 + 0{,}00367t)\left(\frac{1}{1 - 0{,}378\frac{\varphi}{h}}\right)$$
$$\times(1 + 0{,}00259\cos 2\lambda)\left(1 + \frac{Z + 2z}{6371104}\right)\log\frac{H_0}{H},$$

dans laquelle h représente la moyenne entre H_0 et H, z l'altitude de la station inférieure, t la température moyenne entre la température de l'air θ et θ_0 aux deux stations, et λ la latitude.

Le calcul de Z à l'aide de cette formule est long et pénible. Pour le faciliter, on a construit des Tables dans lesquelles une partie des termes qui y figurent sont tout calculés pour les diverses valeurs des variables d'observation; mais il faut posséder ces Tables et, même avec leur aide, les calculs exigent une certaine habitude.

Si l'on se contente d'une approximation de $\frac{1}{500}$, bien suffisante quand on emploie le baromètre anéroïde, qui n'en comporte pas de plus grande, on peut se servir d'une formule plus simple, dont j'ai déterminé le coefficient numérique, pour toutes les différences de niveau comprises entre zéro et 2500^m environ. Cette formule ne demande ni l'emploi des Tables de logarithmes, ni celui des Tables spéciales, et n'exige que des opérations simples d'arithmétique.

La formule que je propose est la suivante :

$$Z = 30\frac{D}{h}(t + 269), \tag{1}$$

dans laquelle Z est la différence de niveau cherchée, D la différence des pressions lues sur le baromètre aux deux stations, h la valeur moyenne de la pression à ces deux endroits et t la température moyenne.

Les calculs sont, on le voit, fort simples. Malgré cela, la précision donnée par la formule est amplement suffisante, comme le montrent les exemples suivants, où les résultats de la formule (1) sont comparés à ceux que donne le long calcul de la formule logarithmique.

a. Altitude du Guanaxuato, déterminée par de Humboldt. — Les données sont :

$$H_0 = 763^{mm},15, \quad H = 600^{mm},95, \quad \theta_0 = 25^\circ.1, \quad \theta_1 = 21^\circ,3.$$

La formule (1) donne $Z = 2082^m,63$ (la formule logarithmique donne $Z = 2084^m$).

b. Altitude du Puy de Dôme. — Les données sont :

$$H_0 = 738^{mm},7, \quad H_1 = 647^{mm},8, \quad \theta_0 = 11^\circ,5_0 \quad \theta_1 = 7^\circ,1.$$

La formule (1) donne $Z = 1092^m$ (la formule logarithmique donne $Z = 1089^m$).

c. Exemple tiré des Tables météorologiques internationales, p. A.42. — Les données sont :

$$H_0 = 739^{mm},73, \quad H_1 = 583^{mm},41, \quad t\,(\text{moyen}) = +8^\circ.$$

La formule (1) donne $Z = 1963^m$ (la formule logarithmique donne $Z = 1965^m$).

d. Exemple tiré des Instructions météorologiques. — Les données sont :

$$H_0 = 719^{mm},4, \quad H_1 = 543^{mm},2, \quad \theta_0 = 17^\circ,5, \quad \theta_1 = 2^\circ,1.$$

La formule (1) donne $Z = 2339^m,6$ (la formule logarithmique donne $Z = 2338^m$).

On voit donc que la précision de la formule (1) justifie son emploi; elle a pour elle sa très grande simplicité et la facilité des calculs qu'elle comporte et qui la rendront précieuse, j'espère, pour les voyageurs. Elle ne doit pas, je le répète, être employée au calcul de différences de niveau supérieures à 3000^m.

A 4 heures et quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 6 heures.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 9 juin 1913.

Observatoire central de l'Indo-Chine. Service météorologique. *Bulletin pluviométrique*, publié par G. Le Cadet, Directeur : *Tableaux mensuels, annuels et carte;* année 1912. Phu-Lien, 1913; 1 fasc. in-f°.

Calcul des orbites et des éphémérides, par Luc Picart, Directeur de l'Observatoire de Bordeaux; avec 23 figures dans le texte. Paris, Octave Doin, 1913; 1 vol. in-12. (Présenté par M. Baillaud.)

Dacia preistorica, de Nicolae Densusianu, cu o prefata de Dr C.-I. Istrati. Bucarest, 1913; 1 vol. in-8°. (Hommage de M. Istrati.)

Société d'Histoire naturelle d'Autun; 25e *Bulletin.* Autun, Dejussieu et Demasy; Paris, P. Masson, 1912; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Lacroix.)

Katalog der im Jahre 1908 *registrierten seismischen Störungen*, von Siegmund Szirtes. (Publications du Bureau central de l'Association internationale de Sismologie. Série B. Catalogues.) Strasbourg, 1912; 1 fasc. in-8°.

Mitteilungen des Zentralbureaus der Internationalen Seismologischen Association, 1913. Nr 1. *Die internationale Zeitkonferenz zu Paris im Oktober* 1912. Leipzig, imp. Breitkopf et Härtel, s. d.; 1 fasc. in-8°.

The date sugar industry in Bengal, an investigation into ist chemistry and agriculture, by Harold-E. Annett, assisted by G.-K. Lele and Bhailal-M. Amin. (*Memoirs of the Department of Agriculture in India.* Chemical series; t. II, n° 6.) Calcutta, s. d.; 1 fasc. in-8°.

The dispersion of the gipsy moth, by A.-F. Burgess. (U. S. Department of Agriculture. Bureau of Entomology; *Bulletin* n° 109; february 11, 1913.) Washington; 1 fasc. in-8°.

Atti della R. Accademia delle Scienze di Torino; t. XLVIII, disp. 1a-3a, 1912-1913. Turin, 1913; 3 fasc. in-8°.

Memorie della Reale Accademia delle Scienze di Torino; serie secunda, t. LXIII. Turin, 1913; 1 vol. in-4°.

Memoirs of the National Academy of Sciences; t. X. Washington, 1911; 1 vol. in-4°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 16 JUIN 1913.

Institut de France. Académie des Sciences. *Bulletin du Comité international permanent pour l'exécution photographique de la Carte du ciel*; t. VI, fasc. 1. Paris, Gauthier-Villars, 1913; 1 vol. in-4°.

Institut de France. Académie des Sciences. Observatoire d'Abbadia : *Tables pour le calcul de la précession en* A. R. *et* D., *équinoxe de* 1900. Observatoire d'Abbadia, Hendaye (B.-P.), 1913; 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. A. Verschaffel.)

Société française de Physique. *Les idées modernes sur la constitution de la matière*. Conférences faites en 1912, par E. BAUER, A. BLANC, E. BLOCH, Mme P. CURIE, A. DEBIERNE, L. DUNOYER, P. LANGEVIN, J. PERRIN, H. POINCARÉ, P. WEISS. Paris, Gauthier-Villars, 1913; 1 vol. in-8°.

Statistique générale de la France. *Annuaire statistique*, trente et unième Volume, 1911, publié par le Ministère du Travail et de la Prévoyance sociale. Paris, Imprimerie nationale, 1913; 1 vol. in-4°.

Bulletin de l'Institut aérotechnique de l'Université de Paris. — Fasc. III. *Études sur les hélices et les surfaces d'aviation. Mesures sur les aéroplanes en plein vol. Études aérodynamiques au ventilateur, variations du vent, coefficient de sécurité d'une voilure*. Paris, H. Dunod et Pinat, 1913; 1 fasc. in-4°.

Congrès géologique international; XIIe session, Canada, août 1913; 3e circulaire. Ottawa, publié par le Victoria Memorial Museum, 1913; 1 fasc. in-8°.

Travaux de la Commission lyonnaise d'Études hydroscopiques. — Fasc. I. *Hydroscopie et rabdomancie : Généralités, bibliographie*, par MM. ÉMILE BIROT et CLAUDIUS ROUX; avec des *Notes* et *Hypothèses*, par CAMILLE HÉMON. — Fasc. II. *Expériences de rabdomancie, faites ou à faire, à Lyon, en* 1912 *et en* 1913, par MM. ÉMILE BIROT et CLAUDIUS ROUX. Lyon, imp. A. Rey, 1913; 2 fasc. in-8°. (Adressé, par les auteurs, pour la Commission des Sourciers.)

La faune paléocène de Landana, par EM. VINCENT, LOUIS DOLLO et MAURICE LERICHE. (*Annales du Musée du Congo belge : Géologie, Paléontologie, Minéralogie;* série III. *Bas et moyen Congo*. Tome I, fasc. 1 : *Matériaux pour la Paléontologie du bas et du moyen Congo*.) Bruxelles, mars 1813; 1 fasc. in-f°.

Annales de la Société géologique de Belgique; t. XL, 1re livraison. Liége, H. Vaillant-Carmanne, 1912-1913; 1 fasc. in-8°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 23 JUIN 1913.

Savants du jour. *Gaston Darboux, biographie, bibliographie analytique des écrits*, par ERNEST LEBON.

Le troisième œil des Vertébrés, par CH. FRANCOTTE; Conférence, accompagnée de projections lumineuses, faite à la séance publique des Sciences, le 17 décembre 1912. Bruxelles, Hayez, 1913; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Deuxième Congrès français du Froid, Toulouse, 22-25 septembre 1912. Comptes rendus, rapports et communications du Congrès, publiés par l'ASSOCIATION FRANÇAISE DU FROID; t. I. et II. Paris, s. d.; 2 vol. in-8°. (Présenté par M. d'Arsonval.)

Titres et travaux scientifiques du Dr L. TANON. Paris, Vigot frères, s. d.; 1 fasc. in-8°.

Les richesses des contrées tropicales mises par le soleil à la disposition de tous, quelles que soient leurs provenances ou leur emploi, par CH. TELLIER. Paris, F. Blétit, 1913; 1 fasc. in-8°.

La conservation de la viande et des matières organiques alimentaires par des moyens naturels, par CH. TELLIER. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1913; 1 fasc. in-8°.

Compagnie des Chemins de fer du Midi. Assemblées générales ordinaire et extraordinaire des Actionnaires du 28 avril 1913, présidence de M. GEORGES TEISSIER. *Rapports du Conseil d'administration. Résolutions des Assemblées.* Paris, Société générale d'impression, 1913; 1 fasc. in-4°.

Annales de la Faculté des Sciences de Marseille; t. XXI, fasc. 1-3. Marseille, P. Ruat; Paris, A. Hermann et fils, 1912; 3 fasc. in-4°.

Bulletin de la Société industrielle de Rouen, publication paraissant tous les deux mois; 41e année, n° 1, janvier-février 1913. Rouen, J. Girieud; 1 fasc. in-8°.

Royal Observatory, Hongkong. Monthly meteorological Bulletin, april 1913. Hongkong, 1913; 1 fasc. in-4°.

A dry rot of the irish potatotuber, by E. MEAD WILCOX, GEORGE-K.-K. LINK and VENUS-W. POOL. (*Bull. of the Agricultural Station of Nebraska. Research Bulletin*, n° 1.) Lincoln, Nebraska, mars 1913; 1 fasc. in-8°.

Fusiform bacilli. Isolation and cultivation, by CHARLES KRUMWIEDE and JOSEPHINE PRATT. (Extr. de *The Journal of infections diseases;* t. XII, n° 2, mars 1913, p. 199-201.) Chicago; 1 fasc. in-8°.

Ley organica estatutos y reglamento de la Academia de Medicina; edición oficial. Caracas, 1913; 1 fasc. in-8°.

Annales de la Société géologique de Belgique. Publications relatives au Congo belge et aux régions voisines; année 1912-1913; annexe au Tome XL des *Annales;* fascicule 1. Liége, H. Vaillant-Carmanne, 1913; 1 fasc. in-8°.

Bulletin de la Section scientifique de l'Académie roumaine; 11e année, n° 1. Bucarest, 1913; 1 fasc. in-8°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 30 JUIN 1913.

Ports maritimes de la France. Département du Var : Notices sur les ports des Lèques, du Brusq, de la Coudourière, du Mourillon, du Niel, du Lavandou et de Cavalaire, par M. COTTALORDA et M. MOREAU; mises à jour par M. CHAUVE. — *Notices complémentaires sur les ports de Sanary, Toulon, Saint-Tropez, Sainte-Maxime et Saint-Raphaël: modifications survenues de* 1893 *à* 1911, par M. COTTALORDA et MM. MOREAU, CHAUVE, CASSIER, MATHIEU; publiées par le Ministère des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes. Paris, Imprimerie nationale, 1912; 2 fasc. in-4°.

Essai théorique sur la mécanique de la magnétochimie, par ÉMILE STAÏCO. Paris, Gauthier-Villars, 1913; 1 fasc. in-8°.

Matirea y fuerza, apuntes para una teoria nueva, por AUGUSTIN BRAVO. Madrid, J. Pueyo, 1912; 1 vol. in-8°.

Tables for the computation of the Jupiter perturbations of the group of small planets whose mean daily motions are in the Neighbourhood of 750, by D.-T. WILSON. Upsal et Stockholm, 1912; 1 fasc. in-4°.

Commissâo geographica e geologica do Estado de S. Paulo. *Exploraçâo do Rio Grande e de seus affluentes*, 1913. Sao Paulo, 1913; 1 fasc. in-f°.

Geosynklinale und Rahmenfaltung. Zerrungsgebiege und Vulkanismus im australasiatischen Archipel, von J. ELBERT. (Extr. de *Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin;* 1912, n° 3.) 1 fasc. in-8°.

Die hydrodynamische Aethertheorie, von H. RUDOLPH. Coblenz, W. Groos, 1913; 1 fasc. in-8°.

Ueber vergleichende Temperaturmessungen und deren klinische Bewertung, von CARL STÄUBLI. (Extr. de *Münchener medizinischen Wochenschrift;* n°s 19 et 20, 1913.) Munich, J.-F. Lehmann; 1 fasc. in-8°.

A monograph of the genus Dryopteris; part I. — *The tropical american pinnatifid-bipinnatifid species*, by CARL CHRISTENSEN. Copenhague, 1913; 1 vol. in-4°.

Mémoires couronnés et autres Mémoires publiés par l'Académie royale de Médecine de Belgique: collection in-8°, t. XXI, fasc. 1. Bruxelles, J. Goemaere, 1913: 1 fasc. in-8°.

ERRATA.

—

(Séance du 26 mai 1913.)

Note de MM. *J.-B. Senderens* et *J. Aboulenc*, Éthers-sels dérivés de l'octanol$_2$, etc. :

Page 1622, lignes 3, 4 et 26 en remontant, *au lieu de* 2 et même 1 pour 100, *lire* 4 et même 2 pour 100.

(Séance du 16 juin 1913.)

Note de M. *Carl Störmer*, Sur une expédition pour l'observation des aurores boréales à Bossekop, au printemps de 1913 :

Page 1871, ligne 10, *au lieu de* Store Korones, *lire* Store Korsnes.
Dans la planche I, *au lieu de* Bossekop, *lire* Store Korsnes; *au lieu de* Store Korsnes, *lire* Bossekop.

Note de M. *H. Zilgien*, Transformation du calomel en sels solubles de mercure dans les milieux digestifs :

Page 1863, lignes 6 et 13, *au lieu de* 25^{cm^3} d'ammoniaque, *lire* $0^{cm^3},25$.

FIN DU TOME CENT-CINQUANTE-SIXIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JANVIER — JUIN 1913.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 156.

A

ANATOMIE.

ASTRONOMIE.

B

BACTÉRIOLOGIE.

CHIMIE ANALYTIQUE.

CHIMIE BIOLOGIQUE.

CHIMIE INORGANIQUE.

CHIMIE ORGANIQUE

CHIMIE PATHOLOGIQUE.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE.

CHIMIE PHYSIQUE.

CHIMIE VÉGÉTALE.

CRISTALLOGRAPHIE.

D

E

ÉLECTRICITÉ.

F

G

GÉOLOGIE.

Voir *Archéologie, Géographie, Hydrologie, Métallogénie, Minéralogie, Paléontologie.*

H

I

L

M

MAGNÉTISME.

MATHÉMATIQUES.

MÉCANIQUE.

MÉDECINE.

O

P

PALÉONTOLOGIE.

PATHOLOGIE.

PHYSIOLOGIE.

PHYSIQUE.

Q

R

S

T

U

V

Z

ZOOLOGIE.



TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

F

G

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

Z

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
53044 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.